NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 08403383 0

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Geſchichte

der

Phyſik

ſeit der Wiederherſtellung der Künſte und Wiſſenſchaften
bis auf die neueſten Zeiten

von

Johann Carl Fiſcher,
der Philoſophie Prof. zu Jena und verſchied. gelehrten Geſellſchaften Ehrenmitgliede.

Vierter Band.

Mit ſechs Kupfertafeln.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1803.

Digitized by Google

Geſchichte
der
Künſte und Wiſſenſchaften
ſeit der Wiederherſtellung derſelben bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Geſellſchaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Achte Abtheilung.
Geſchichte der Naturwiſſenſchaften.
I. Geſchichte der Naturlehre

von
Johann Carl Fiſcher.

SCHOOL LIBRARY NEW-YORK

Vierter Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1803.

Digitized by Google

HARVARD
COLLEGE
LIBRARY

Digitized by Google

Geschichte
der
Künste und Wissenschaften
seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Gesellschaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Vierzehnte Lieferung;
enthält
Geschichte der Philosophie
von
Johann Gottlieb Buhle.
Fünften Bandes Erste Hälfte.

Geschichte der zeichnenden Künste
von
J. D. Fiorillo.
Dritten Bandes Erste Hälfte,
und
Geschichte der Physik
von
Joh. Carl Fischer.
Vierter Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Römer.
1803.

Digitized by Google

An die

Herren Pränumeranten

der

Geschichte

der

Künste und Wissenschaften.

Nach der bey der 13ten Lieferung abgelegten Berechnung soll die 14te Lieferung bestehen aus = = 113 Bogen.

Ich liefere davon jetzt:

Buhle Gesch. d. Philos. 5. Bd. 1. Hlfte .	23½ Bogen.
Fiorillo Gesch. d zeichn. Künste 3 Bd. 1. Hlfte	19½ Bogen.
Fischer Gesch. d. Physik 4. Bd. (m. d. 6. Kpf.)	54½ Bogen.
Summa	97½ Bogen.

Mithin wird die folgende (15te) Lieferung, welche zu Ostern ausgegeben werden wird, aus 107 Bogen bestehen müssen.

Göttingen am 1. Novbr. 1803.

J. F. Röwer.

Digitized by Google

Zweyte Epoche.

Geschichte der Physik nach den Zeiten Newton's bis auf Priestley's Untersuchungen über die verschiedenen Gasarten.

Newton's Methode, die Naturgesetze aus wirklichen Erfahrungen herzuleiten, und von diesen auf die Grundursachen der Erscheinungen in der Körperwelt überzugehen, ist ohne Zweifel die sicherste, die man bey Betrachtung der Natur befolgen kann. Newton wendete sie mit solcher Strenge an, daß er sich bey seinen Untersuchungen folgende Regeln vorschrieb, die von ihm Newtonische Regeln genannt werden, und von den vorzüglichsten nachfolgenden Physikern bey Betrachtung der Natur beobachtet worden sind:

1. Keine andere Ursachen sind für wahr zu halten, als die, welche zur ungezwungensten, einfachsten und verständlichsten Erklärung einer Naturbegebenheit nothwendig und hinreichend sind. Es sind aber die

Ursachen wahr: a. wenn sie sinnlich in der Natur zu erweisen sind, und es ausgemacht ist, daß sie bey der beobachteten Naturerscheinung zugegen waren, alle andere Ursachen aber offenbar dabey ausgeschlossen werden; b. wenn die Erscheinung nicht bloß möglicher Weise, sondern offenbar daraus fließt; c. wenn unter abgeänderten Umständen eben dieselbe Ursache auch dieselben Naturbegebenheiten hervorbringt; d. endlich, wenn bey der Wegnahme der Ursache das Phänomen wegfällt.

2. Wirkungen von einerley Art müssen auch einerley Ursachen zugeschrieben werden. Hieby muß man sich aber hüten, daß man nicht von der Aehnlichkeit und Uebereinstimmung gewisser Umstände auf die Identität ihrer Ursachen schließt.

3. Diejenigen Eigenschaften der Körper, welche keiner Abänderung fähig sind, und welche man bey allen Körpern, mit welchen man Versuche anstellen kann, auffindet, sind für allgemeine Eigenschaften der Körper zu halten.

4. Die aus den Naturerscheinungen durch Inductionen gesammleten Sätze sind, ungeachtet der entgegenstehenden Hypothesen, für wahr zu halten, bis sich andere Eigenschaften finden, durch welche sie entweder noch genauer gemacht, oder Ausnahmen unterworfen werden [a]).

Die englischen Gelehrten, welche Newton's Zeitgenossen waren, haben diese Methode nach seinem Beyspiele angenommen, und sie ist, wie die Geschichte innerhalb Newton's Zeitraume beweißt, die Grundlage von einer großen Anzahl vortrefflicher Werke

ge

a) *Newtoni* princ. philos. natural. mathem. Lib. III.

geworden, welche damals erſchienen. Die franzöſiſchen Gelehrten hingegen, und ſelbſt der große Leibnitz, gaben ſich Mühe, das von Descartes aufgeſtellte Syſtem mit dem größten Nachdruck zu vertheidigen, und obgleich in dieſem abzuhandelnden Zeitraume die franzöſiſchen und deutſchen Gelehrten durch eine vollkommnere Anwendung der Analyſe, als ſie unter den Händen ihrer Erfinder haben konnte, die Naturgeſetze vollſtändiger und genauer entwickelten, als es Newton und ſeine Zeitgenoſſen thun konnten, ſo ſuchten doch immer noch die Meiſten die Grundurſache aller Naturerſcheinungen aus Carteſens Syſtem abzuleiten.

Uebrigens iſt es wohl leicht zu denken, daß eine ſolche fruchtbare Anwendung der Mathematik auf die erhabenſten Erſcheinungen in der Natur, wie ſie Newton in ſeinen Principien gemacht hatte, den vorzüglichſten Köpfen die allgemeine Richtung zur Vervollkommnung dieſes wichtigen Gegenſtandes geben mußte. Newton ſelbſt war wegen der Unvollkommenheit der Rechnung des Unendlichen nicht im Stande, die ſchweren Aufgaben, welche die Theorie des Weltſyſtems vorlegt, vollſtändig aufzulöſen, und er war oft genöthigt, bloße Wahrnehmungen zu geben, die immer ungewiß ſind, bis ſie durch eine genaue Rechnung beſtätigt werden. Das Daſeyn des von ihm entdeckten allgemeinen Geſetzes der Gravitation hat er vollkommen erwieſen, aber die Entwickelung ſeiner Folgen, und ſeiner Vortheile war das Werk der Nachfolger dieſes großen Geometers. Daher kam es, daß man zuerſt die entdeckte Rechnung des Unendlichen zu einer größern Vollkommenheit bringen mußte, ehe man die durch ſie nunmehr erwieſenen unläugbaren Geſetze aufs

genaueste bestimmen konnte. Ueberhaupt war nach Newton's Zeitraume die Vervollkommnung der Theorie des Weltsystems und der der optischen Wissenschaften, welche mit den Erscheinungen des Himmels in einer so genauen Verbindung stehen, und sich nach dem damaligen Geiste so schön mathematisch bearbeiten ließen, ein vorzüglicher Gegenstand der Aufmerksamkeit. Dabey vernachlässigte man aber, leider! die Chemie, die man auch bereits in ein System gebracht hatte. Die Verachtung, welche die damaligen Gelehrten gegen die Chemie zeigten, hatte ihren vorzüglichen Grund darin, daß die meisten Verehrer dieser Wissenschaft den eitlen Wahn hegten, die unedlen Metalle in edle zu verwandeln, und diejenigen, welche sich mit der Physik beschäftigten, alle Erscheinungen der Natur mit Hülfe der Mathematik mechanisch zu erklären glaubten. Man behandelte, nach Art des Carteſius, die Erklärung der ganzen Welt, wie ein mathematisches Problem, zu dem die Materie und die Bewegung die einzigen Data waren. Daher kam es, daß in diesem Zeitraume für die eigentliche Physik nichts übrig blieb, als die Lehren von den allgemeinen Eigenschaften der Körper, von den einfachen Stoffen, wofür man die bekannten vier Elemente der Aristoteliker annahm, von der Elektricität, dem Magnetismus und den Meteoren. Man sah sich genöthigt, die Lükken zwischen diesen wenigen und schlecht verbundenen Fragmenten auszufüllen. Hiezu wählte man nun die Gegenstände der angewandten Mathematik. Auf solche Art entstand eine Wissenschaft, welche außer den genannten physikalischen Bruchstücken viel angewandte Mathematik enthielt, mit gänzlichem Ausschlusse der besondern Naturgeschichte und Chemie. Nach diesem Plane sind eine Menge vortrefflicher Lehrbegriffe der

Phy-

Phyſik von Muſſchenbroek, Kraft und Segner, Rollet u. a. in dieſem Zeitraume entſtanden.

Inzwiſchen gab es doch Männer, welche die Chemie mit der Ueberzeugung, daß ſie nicht allein zur Enthüllung der Geheimniſſe der Natur, ſondern auch zum allgemeinen Vortheile der geſammten Menſchheit diene, vollkommener bearbeiteten, und bald nach dieſer Epoche fühlte man das Bedürfniß, ſie mit der damaligen Phyſik ſchweſterlicher zu verbinden. So ging es freylich mit den Fortſchritten in der Phyſik, welche eine bloße Sammlung gehörig geordneter Erfahrungen in ſich begreift, ſehr langſam. Naturgeſetze, welche durch Anwendung der Mathematik beſtimmt werden, konnten frühzeitiger entdeckt werden, als diejenigen, welche in der Miſchung der Beſtandtheile der Körper ihren Grund haben, weil die Mathematik weit eher, als die Chemie, einen gewiſſen Grad der Vollkommenheit erhielt. Nachfolgende Geſchichte wird zeigen, daß gewiſſe in dieſer Epoche gemachte Entdeckungen in der Chemie nöthig waren, wenn die mathematiſchen Phyſiker mit größerer Würde auf ſie herabſehen ſollten.

Erſter Abſchnitt.

Geſchichte in Rückſicht der allgemeinen Phyſik.

Allgemeine Eigenſchaften der Körper.

Newton hatte ſich zwar nicht in das Gebiet der Metaphyſik gewagt, und keine Unterſuchungen über das Weſen der Materie angeſtellt, an verſchiedenen Stellen ſeiner Schriften hat er aber zu erkennen gegeben,

daß die Materie aus völlig untheilbaren Theilch (Atomen), die mit anziehender Kraft begabt ſind u zwiſchen ſich leere Räume laſſen, zuſammengeſetzt ſ und daß folglich die Theilbarkeit der Materie ſich bi bis zu den Atomen erſtrecke. Dieſer Behauptung t derſpricht ſein Landsmann Robert Green [b]), n cher leugnet, daß es einen zerſtreuet leeren Raum ge daß die Materie völlig gleichartig ſey, und daß die u gleichartigen Körper von den verſchiedenen Modifi tionen der gleichartigen Materie, oder von den urei lich verſchiedenen Geſtalten der Atomen abzuleiten ſin vielmehr ſucht er das Weſen der Materie in anzieh den und zurückſtoßenden Kräften (vires contractiv et expanſivae). Newtons Meynung, daß d Gold, als der dichteſte unter allen uns bekannten Kö pern, mehr Zwiſchenräume, als wirklich materie Theile beſitze, nennt er eine philoſophiſche Tranſu ſtantiation, welche die in die Sinne fallende Solid tät in einen leeren Raum verwandele. Seinem Urthe le nach giebt es gar keine leeren Zwiſchenräume in de Körpern, ſondern er bemüht ſich, alle Erſcheinunge in der Natur aus einem vollen Raume und aus eine urſprünglich verſchiedenen Materie herzuleiten. Nac ihm liegt die Verſchiedenheit der einen Materie vo der andern in einer ihr eigenthümlichen Kraft. Wen z. B. eine goldene Kugel, welche mit Waſſer völli angefüllt iſt, ſolches bey der Zuſammendruckung durc ſie läßt, ſo habe man gar nicht nöthig, ſeine Zuflucht zu den Poren des Goldes zu nehmen, ſondern die den Waſſer eigenthümliche Kraft überwinde die von außen auf ſie wirkende zuſammendruckende Kraft, und ſuche ſich

b) The principles of the philoſophy of the expanſive and contractive Forces etc. Cantabrigiae. 1727. fol.

sich durch die solide Materie des Goldes auf eine ähnliche Art, wie eine spitzige Nadel durch ein Papier, einen Ausgang zu verschaffen. Eben so dringen Quecksilber in die Materie des Goldes, Scheidewasser in Eisen, Salze in Wasser, das Licht durch durchsichtige Körper, und die magnetische Materie durch die dichtesten Körper, und gleichwohl erfüllten alle diese Materien ihren Raum mit Continuität. Da also diesem Systeme gemäß alle Räume voll sind, so, sagt er, würde sich keine Materie zusammendrucken lassen, wofern nicht andere mit geringer inhärirender Kraft in jener eingestreuet wäre. Green scheint also doch die Materie als solche für absolut undurchdringlich anzunehmen, und zu behaupten, daß es keinen Körper gebe, welcher seinen Raum mit gleichförmiger Materie stetig erfüllt; denn dieser würde seiner Meynung nach absolut undurchdringlich seyn, und daher von keiner, selbst unendlichen Kraft, zusammengedruckt werden können. Er verfällt also wirklich in den nämlichen Fehler, wie Carteſius, ob er gleich bemerkt, daß des letztern voller Raum eine Mißgeburt der Einbildung, und von Newton und seinen Anhängern völlig widerlegt sey.

Der Abt Nollet c) scheint ebenfalls geneigt zu seyn, die Materie als eine Zusammenhäufung von ersten Körperchen (Atomen) anzunehmen, er behandelt aber die Frage, ob die Materie bis ins unendliche theilbar sey, oder nicht? mit vieler Würde, und sie verdient daher, hier kürzlich angeführt zu werden. Wenn man, sagt er, die Theilung der Materie bloß ideell

c) Leçons de physique. à Paris. Vol. II. 12. p. 372.

ideell betrachte, ſo ſey es ausgemacht, daß ſie ſich bis ins unendliche theilen laſſe; denn alsdann ſey die Theilung bloß unſerer Vorſtellung überlaſſen, und dieſe habe keine Grenzen, man könne daher theilen, ſo weit man wolle. Aber nun wirft er folgende Fragen auf; ob die Natur eben ſo reichhaltig, wie unſere Einbildung ſey? Ob man von der Möglichkeit auf die Wirklichkeit ſchließen könne? Ob auch wirklich die kleinſten möglichſt gedenkbaren Theilchen, welche ſich bey der Berührung von einander unterſcheiden ließen, noch getheilt werden könnten? Ob ſie auch, vermöge ihrer Natur, getrennt von einander für ſich exiſtiren könnten? Von allen dieſen, ſagt er, lehre uns die Erfahrung nichts gewiſſes. Endlich geht er auf die Unterſuchung der gewöhnlichen Behauptung der Phyſiker über, ob es wirklich in der Natur untheilbare Theilchen (Atomen) gebe. Er ſcheint zwar dieſer Meynung ſelbſt nicht abgeneigt zu ſeyn, nimmt ſie aber nicht unbedingt an, weil man ſonſt, ſagt er, beweiſen müßte, daß die abſolute Untheilbarkeit der erſten körperlichen Theilchen das einzige Mittel ſey, deſſen ſich die Gottheit habe bedienen müſſen. Allein unſer Wiſſen wäre viel zu ſehr eingeſchränkt, um dieß einſehen zu können.

Der Herr von Leibnitz hatte durch Einführung der Monaden die Möglichkeit gezeigt, wie ſich das Materielle mit dem Geiſtigen näher vereinigen laſſe. Leibnitzens Monadologie fand zum Theil viele Anhänger, zum Theil aber auch viele andere, welche dieſer Lehre widerſprachen. Da aber doch die Frage, wie die Materie auf unſern Geiſt wirke, von äußerſter Wichtigkeit iſt, ſo gab die königliche Akademie zu Berlin im Jahr 1747 folgende Preisfrage auf: eine genaue Unterſuchung über die Hypotheſe der Monaden anzu-

anzustellen, woraus es erhelle, ob diese Lehre zur Erklärung der Phänomene im Universo völlig hinreichend, oder unzureichend sey? Diese Aufgabe gab zu Bearbeitung verschiedener Streit-Schriften Gelegenheit. Die erste hat den berühmten Euler zum Urheber [d]). Seiner Meynung nach wird dem Verlangen der Akademie ein völliges Genüge geleistet, wenn er die Eigenschaften der Monaden zu entwickeln suche, und seine Untersuchung geht nun vorzüglich auf folgende beyde Punkte: 1. Die Monadenlehre über den Haufen zu werfen, und 2. eine Trägheitskraft einzuführen, durch welche sich alle Veränderungen, welche in der Körperwelt vorgehen, erklären lassen.

Das Irrige in dem Systeme der Monaden glaubt er aus folgenden Gründen darzuthun:

Die Ausdehnung gebe uns zu erkennen, daß alle Körper aus Theilen zusammengesetzt sind, und daß selbst diese Theile wieder in andere zerlegt werden könnten; wenn es also Monaden oder einfache Wesen gäbe, aus welchen die Körper zusammengesetzt wären, so müßte man zuletzt auf solche Theile kommen, bey welchen keine Zusammensetzung mehr statt finden könne.

Gesetzt also, es gäbe wirklich solche Theilchen, bey welchen alle Theilbarkeit aufhörte, und welche die Wesen in der Zusammensetzung aller Körper ausmachten, so müßte man doch zuletzt beständig auf die Untersuchung zurückkommen, auf welchen Gründen die Eigenschaften dieser einfachen Wesen beruhten? Die unendliche Kleinheit aber, welche man diesen Wesen beylegen müsse, enthalte erstlich einen Widerspruch, und

d) Betrachtungen über die Elemente der Körper.

und zweytens ſey eine Zahl, ſie möge endlich oder unendlich ſeyn, ſolcher einfachen Weſen völlig unfähig, einen Körper zu bilden. Dieß ſey klar in Rückſicht einer endlichen Zahl; mithin auch in Rückſicht einer unendlichen, welches letztere eine unmögliche Sache für ſich ſey, ſo lange man den Körper außer unſerer Vorſtellung entſtehen, und ihm wirkliche Realität geben laſſen wolle.

Wenn man ſage, die Theilbarkeit der Materie erſtrecke ſich bis ins unendliche, ſo geſtehe man nicht allein, daß man bey der Theilung nie auf ſolche Theilchen komme, die nicht mehr getheilt werden könnten, ſondern man läugne ſogar mit ausdrücklichen Worten, daß es dergleichen Theilchen gebe. Wenn aber wirklich ſolche exiſtirten, ſo müßte man vorausſetzen, daß das Unendliche in der Theilbarkeit völlig beſtimmt oder begränzt wäre, dieß widerſpreche aber dem Begriffe des Unendlichen.

Was das Princip, die Trägheitskraft, der Körper betreffe, ſo, ſagt Euler, ſey dieſe eine eben ſo allgemeine Eigenſchaft der Körper, wie die Ausdehnung, ſo daß ohne dieſe Kraft der Körper aufhören würde, ein Körper zu ſeyn. Dieſe Kraft habe ein beſtändiges Beſtreben, Veränderungen in den Körpern hervorzubringen, und ſey dem Weſen der Körper gerade entgegengeſetzt; denn da zwey entgegengeſetzte Tendenzen nicht zugleich beſtehen könnten, ſo wäre es auch unmöglich, daß ein Körper zugleich eine Kraft beſitzen könne, ſeinen Zuſtand zu erhalten, und eine, ihn zu ändern. Man müſſe alſo im Univerſo zwey ganz von einander verſchiedene exiſtirende Weſen annehmen, wovon das eine die körperlichen Dinge in ſich begreife, deren Beſtimmung in der Kraft beſtehe, ſich in ihrem

Zuſtan-

Zustande unveränderlich zu erhalten, das andere aber die geistigen Substanzen enthalte, welche die Kraft besäßen, ihren Zustand beständig zu verändern.

Euler bekam viele Gegner, unter welchen der vorzüglichste der damalige Sekretair der königlichen Akademie zu Berlin Formey °) ist. Seine Absicht geht vorzüglich dahin, das System der Monaden aufrecht zu erhalten, und die Trägheitskraft als eine leere Einbildung darzustellen. So lange der Geometer, sagt er, sein Feld bebauet, so lange sind seine Begriffe ergiebig; sobald er aber damit in das Gebiet der Metaphysik übergehe, so sind sie ganz fruchtlos. Er behauptet, daß sich eben dadurch Cartesius, und mit ihm eine Menge anderer Philosophen, nicht allein über das Wesen der Körper, sondern auch über die Natur des Raums, der Bewegung u. s. f. getäuscht hätten.

Nach Formey hat der Ausdruck: unendlich, zweyerley Bedeutungen; es bedeute nämlich erstlich ein reelles Unendliche, und dann bloß ein solches, das wir aus Mangel an Kenntnissen so nennten, oder so zu sagen, ein unbestimmtes Etwas, das von uns nicht angegeben werden kann. Das reelle Unendliche fasse alle Vollkommenheiten im höchsten Grade auf einmal in sich; das Unendliche in der andern Bedeutung hingegen sey auf jeder Seite unbestimmt. So sey ein geometrischer Körper weiter nichts, als eine bloße Ausdehnung von unbestimmten Theilen. Dieß finde aber keinesweges in der Natur statt; denn alles, was existire, müsse allenthalben bestimmt seyn.

Von einem ausgedehnten und zusammengesetzten Wesen könne man keinen andern Grund auffinden, als in

c) Recherches sur les élémens de la matière 1747. 12.

in einfachen und nicht ausgedehnten Weſen, ſo da
man mit den Leibnitzianern, um die Möglichkeit d
äußern Anſchauung darzuthun, nothwendig auf Grun
beſtimmungen herabgehen müſſe, welche nicht ang
ſchaut werden könnten.

Was die Trägheitskraft anlange, welche Eule
für den Grund aller in der Körperwelt vorgehende
Veränderungen annehmen wolle, ſo würde ſich d
Metaphyſiker von ihr eine eben ſo verworrene Vo
ſtellung machen, als von der Ausdehnung und Bew
gung. Ueberdies ſey auch der Gedanke, daß die Trä
heitskraft als die letzte Urſache aller in der Körperwe
erfolgenden Erſcheinungen anzuſehen wäre, nichts neue
indem ſchon Newton's Anhänger vielfältig davo
geſprochen hätten; er ſey aber eine irrige Folge, we
che Newton's Schüler aus dem Begriffe, de
letzterer von der Trägheitskraft feſtgeſetzt habe, gez
gen hätten.

Nach der Zeit iſt Leibnitzens Monadologi
noch vielfältig beſtritten worden, allein nach Kant'
Urtheile (Th. III. S. 266.) iſt der Herr von Leib
nitz nicht richtig verſtanden worden. Ich übergeh
daher alle Gründe, welche für und gegen die Monado
logie beygebracht worden ſind, beſonders da dieſe au
die eigentliche Phyſik weiter keinen ſonderlichen Einflu
gehabt hat.

Eine andere über die allgemeinen Eigenſchafte
der Körper aufgeſtellte Hypotheſe, welche einiges Ar
ſehen erhalten hat, iſt die des P. Roger Bosco
vich f) zu Bologna. Dieſer ſtellte ſich nämlich vor
da

f) Philoſophiae naturalis theoria, reducta ad unicam le
gem virium in natura exiſtentium. 1758 et 1764. in 4

daß die Uranfänge der Materie untheilbare und aller Ausdehnung beraubte homogene Punkte wären, welche in einem unermeßlich leeren Raume eine solche Stellung gegen einander erhalten hätten, daß zwey solche Punkte in einer gewissen Entfernung von einander sich befänden, die man bis ins Unendliche vergrößern und vermindern, die aber nie der Null gleich werden oder verschwinden kann, so daß sich die Theilchen nie unmittelbar zu berühren im Stande wären. Diese physischen untheilbaren Punkte besäßen eine Trägheitskraft, die sich völlig leidend verhalte, überdem wären sie auch mit Kräften der Wirksamkeit versehen. Zwey physische Punkte nämlich schienen eine solche Bestimmung zu haben, daß sie sich in einer gewissen Entfernung von einander anziehen, in einer andern aber zurückstoßen. Die Größe der Wirksamkeit ändert sich mit der Entfernung, so daß das Gesetz der Aenderung durch eine Curve oder durch eine algebraische Gleichung dargestellt werden kann. Diesem Gesetze zu Folge ist die Kraft der Wirksamkeit in sehr kleinen Entfernungen zurückstoßend, so daß sie beym unendlich kleinen Abstande am stärksten ist. Diese Kraft reicht nun zu, ein Theilchen, welches sich mit einem gewissen Grade von Thätigkeit nähern will, zurückzutreiben. In größern Entfernungen erleidet die zurückstoßende Kraft eine Verminderung, und verwandelt sich bey einem gewissen Abstande in eine anziehende Kraft, die in größern Entfernungen abermals abnimmt, und sich endlich wieder in eine zurückstoßende Kraft umändert, welche bey noch größerm Abstande abermals abnimmt, und von neuem anziehend wird. Diese wechselsweise anziehende und zurückstoßende Kraft findet mehrere mahl statt, aber nur in unmerklichen Abständen. Sobald die Entfernung bemerkbar wird, ist die anziehende Kraft die

einzige, welche ſtatt hat, und welche auf andere Theilchen in verkehrtem Verhältniſſe des Quadrats ihrer Entfernung wirkt. Dieß Geſetz der Natur nebſt den verſchiedenen Kräften der Materie machen freylich nur eine willkührlich angenommene Hypotheſe aus; allein nach Boscovich's Behauptung beweiſen es eine Reihe von Phänomenen und von andern Wahrnehmungen, welche es deutlich zu erkennen geben. In allen dieſen Fällen wendet er das Geſetz der Stetigkeit an, welches die Alten durch den Ausdruck, daß die Natur nicht ſprungweiſe wirke, kannten, und welches er auf eine ganz eigene Art zu erweiſen ſucht. Er zeigt gegen Leibnitz und andere neuere Philoſophen, daß es vermöge dieſes Geſetzes keinen vollkommen harten Körper in der Natur geben könne, indem eine endliche Kraft weder plötzlich erzeugt noch auch plötzlich vernichtet werden könne; es könne daher auch beym Stoß der Körper keine mathematiſche Berührung derſelben ſtatt finden. Ueberhaupt wäre es unmöglich, daß irgend eine Aenderung in der Natur durch eine wahre Impulſion erfolgen könne, vielmehr geſchehe dieß durch bloße Kräfte, welche in einer gewiſſen Entfernung von einander wirkten.

Aus dem Satze, daß in ein und demſelben Augenblicke zwey verſchiedene Zuſtände eines Körpers mit ſich nicht beſtehen können, nämlich den einen, welchen er verläßt, und den andern, in welchen er verſetzt wird, leitet er das Geſetz ab, daß in den kleinſten Entfernungen die Kräfte der Theilchen der Materie zurückſtoßend und nicht anziehend ſeyn müſſen, und daß die Curve, welche dieß Geſetz darſtellt, nahe bey dem Urſprunge der Abſciſſen einen Bogen bilde, deſſen Aſymptote die Axe der Abſciſſen iſt. Auf ſolche Art

ergiebt

ergiebt sich eine unendlich kleine Fläche, welche allen möglichen Wirksamkeiten entspricht, und durch welche man ihre Erzeugung und ihre Zernichtung bestimmen kann; denn wenn irgend eine Wirksamkeit noch zurückbliebe, so müßte sie bey Berührung der Theilchen gegen das Gesetz der Stetigkeit plötzlich verändert und vernichtet werden.

Die gegenseitige Anziehung aller Körper zeigt sich alsdenn, wenn sich die Kraft in den grösten Entfernungen in wirkliche Anziehung umändert. Es giebt also auf der entgegengesetzten Seite der Axe der Curve einen Bogen, welcher einer Hyperbel von der dritten Ordnung ähnlich ist, dessen Ordinate in einem verkehrten Verhältnisse des Quadrats ihrer Entfernungen sich befinden, und welcher die anziehenden Kräfte von den repulsiven absondert. Die Phänomene, besonders die der Chemie, geben zu erkennen, daß die Absonderungen der Kräfte und die Theile der Curve von einer Seite der Axe zur andern auf gar verschiedene Punkte fallen, weil es verschiedene Arten der Anziehungen und der Zurückstoßungen giebt.

In den Grenzpunkten der anziehenden und zurückstoßenden Kräfte selbst ist die Kraft weder anziehend noch zurückstoßend; es giebt aber zwey verschiedene Arten von Grenzpunkten, die eine, bey welcher durch Vergrößerung der Distanz die zurückstoßende Kraft sich in anziehende umändert, und in diesen Grenzpunkten halten sich zwey physische Punkte in ein und derselben Entfernung von einander; dieß erklärt das Phänomen der Cohäsion; die andere Art der Grenze ist diejenige, da bey Verminderung der Distanz eine anziehende, und bey der Vermehrung eine zurückstoßende Kraft statt findet.

Die-

Dieſem Syſteme gemäß kann alſo kein Theilch einer Materie mit dem andern contiguig ſeyn; dal giebt es auch keine vollkommne mathematiſche Beri rung zwiſchen zweyen phyſiſchen Punkten der Ma rie, weil dieß die zurückſtoßende Kraft verhinde Ohne eine ſolche Kraft würde eine Durchdringung ſt finden, indem ſich zwey phyſiſche Punkte nicht and berühren können, als indem ſie ſich durchdringen.

Die phyſiſchen Punkte müſſen wegen der E fachheit der Natur völlig homogen ſeyn. Ein je Körper iſt aus einer endlichen Anzahl von ſolch Punkten zuſammengeſetzt, welches die Schwierigk die man ſich über die Theilbarkeit der Materie bis i Unendliche gemacht hat, hebt. Da dieſe Punkte beſtäni in einer gewiſſen Entfernung von einander ſich befind ſo bilden ſie eine Ausdehnung, ohne den Raum n Stetigkeit zu erfüllen. Weil aber der Raum zwiſch zwey phyſiſchen Punkten nie ſo klein ſeyn kann, d nicht darin eine viel größere Anzahl von Punkten, der ganze Körper enthält, geordnet werden könnte, iſt hieraus die Möglichkeit der Zuſammenſetzung Materie bis ins Unendliche begreiflich.

Aus dieſen angeführten Grundſätzen erklärt n Boscovich die Undurchdringlichkeit, Geſtalt, R weglichkeit, und alle in die Sinne fallenden Eig ſchaften der Körper. Es genügt ihm, bloß anzun men, daß die phyſiſchen Punkte auf verſchiedene 2 zuſammengefügt ſind, indem aus dieſen verſchieden Stellungen durch die Kraft der Theilchen verſchied Wirkungen hervorgebracht werden.

Boscovich wendet auf dieſe Kräfte die Leh der Dynamik an. Er beweißt auf eine ſinnreiche 2 alle Eigenſchaften der Mittelpunkte des Gleichgewich

der Gravitation, der Schwingung, des Stoßes, und zeigt überhaupt, daß seine Theorie mit keinem Gesetze der Mechanik und mit keiner physikalischen Entdeckung streite, daß sie vielmehr eine Menge Erscheinungen, besonders an dem Lichte und den durchsichtigen Körpern, leichter, als irgend eine andere Hypothese, erkläre.

Ob nun gleich das System des Boscovich, wie aus der Folge erhellen wird, mit sich nicht bestehen kann, so hat er doch das nicht unverkennbare Verdienst, die Mathematik auf eine sehr einnehmende Art zum ersten Mahl auf die Untersuchungen aller möglichen Naturerscheinungen angewandt zu haben. Die Folge hat aber gezeigt, daß mit Hülfe der Mathematik bloß solche Naturgesetze aufs strengste erwiesen werden können, wobey es bloß auf Quantitäten ankommt, und daß die an sich vortreffliche Wissenschaft bey Bestimmung der Qualitäten der Materien wenige Dienste leiste.

Gravitation, Schwere, Fall der Körper.

Newton's Schüler hatten schon behauptet, daß die Anziehung eine wesentliche Eigenschaft der Körper sey. Die Möglichkeit dieser Behauptung suchte auch der Herr von Maupertuis g) auf folgende Art darzuthun. Diejenigen, sagt er, welche die Anziehung für ein metaphysisches Ungeheuer ansehen, gleichen dem Pöbel, der alles für unmöglich hält, wovon er noch keinen Begriff gehabt hat, und dabey Dinge übersieht, die ihm eben so unbegreiflich scheinen würden, wenn er

g) Discours sur les différentes figures des astres. à Paris 1732. 8. und in sein. Oeuvres. à Lyon 1768. 8. T. I. p. 96 sq.

er ſie nicht täglich vor Augen hätte. Beſitzen nicht, fragt er, die Körper außer den gewöhnlichen weſentlichen Eigenſchaften, der Ausdehnung und der Undurchdringlichkeit, noch dieſe, ſich einander gegenſeitig zu nähern? Kennen wir die Natur des Stoßes, und die Mittheilung der Bewegung beſſer? Müſſen wir nicht dabey eben ſowohl geſtehen, daß es Gott ſey, der nach den zur Erhaltung der Welt geordneten Geſetzen den geſtoßenen Körper in Bewegung kommen, und den ſtoßenden ſeine Bewegung ändern laſſe? Warum ſollten wir denn nicht auch ſagen, es ſey Gott, der nach den geordneten Geſetzen dieſes Beſtreben nach Annäherung ſtatt finden, und daraus Bewegung entſtehen laſſe? So liege in dem Satze, daß die Anziehung weſentlich ſey, keine metaphyſiſche Unmöglichkeit. Es wäre lächerlich, den Körpern andere Eigenſchaften beyzulegen, als welche die Erfahrung lehre; allein es ſey vielleicht noch lächerlicher, aus der geringen Anzahl von Eigenſchaften, die wir noch kaum an ihnen kennten, dogmatiſch über die Unmöglichkeit jeder andern Eigenſchaft zu entſcheiden; gerade als ob wir den Maaßſtab für die Fähigkeiten der Gegenſtände hätten, von welchen uns doch weiter nichts bekannt ſey, als eine geringe Anzahl Eigenſchaften.

Unter andern unbeträchtlichen Einwürfen, welche dem Newtoniſchen Syſteme gemacht worden ſind, hat vorzüglich Johann Bernoulli [h]) folgenden gegen das Geſetz der Gravitation ſelbſt gerichtet: die Dichtigkeit oder Menge der Strahlen, welche von dem anziehenden Körper ausgehen, und ein Elementartheilchen der Materie ergreifen, muß nach der Maſſe derſel-

h) Nouvelle phyſique coeleſte §. 42. in Opp. Lauſ. et Genev. 1742. 4. T. III. p. 299.

selben, nicht nach der Oberfläche geschätzt werden; daraus folgt, daß die anziehende Kraft abnehmen müsse, wie der Würfel, nicht aber wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, woraus sich leicht folgern läßt, daß die ganzen Massen der Planeten nach eben diesem Gesetze gegen die Sonne gravitiren müssen. — Allein dieser Einwurf beruht auf der ganz falschen Vorstellung, daß die Gravitation Wirkung eines Ausflusses sey, welcher sich in Gestalt von Strahlen um einen Mittelpunkt verbreitet. —

Newton's System erhielt endlich vorzüglich durch die französischen Gelehrten einen so festen Grund, daß es nach der Zeit mit keinen erheblichen Gründen bestritten worden ist. Nur einige Franzosen hatten sich Mühe gegeben, durch betrügerische Versuche mit dem Pendel in der Höhe darzuthun, daß die Schwere in der Höhe größer, als am Fuße der Berge sey. Im Monat Juni des Jahrs 1769 erschien nämlich im Journal des beaux arts et des sciences ein Brief aus Faucigny, in welchem ein gewisser Couttaud, der sich ancien professeur à Turin unterzeichnet hatte, versichert, durch wiederholte Versuche in dasigen Gebirgen gefunden zu haben, daß das Pendel in einer Höhe von 1085 Toisen dem am tiefern Stande binnen zwey Monaten um 27 Minuten 20 Sek. vorgeeilt sey, welches folglich in der Höhe eine größere Schwere, als in niedrigern Gegenden anzeigte. Aus diesem Versuche, welchen er das Grab der Anziehung und ihrer Gesetze nannte, berechnete er, daß die Schwere im Verhältnisse der Entfernung von der Erde zunehmen müsse, worauf der P. Bertier ein eigenes der Newtonischen Theorie entgegengesetztes System aufstellte. Im Dec. 1771 folgte ein zweyter Brief von

von einem gewiſſen Mercier in Sitten an Her
Gesner in Zürch, welcher eben dieß durch neue Ve
ſuche beſtätigte. D'Alembert bewieß hieraus ſcho
daß es in gebirgigen Gegenden gewiſſe Stellen geb
könne, an welchen das Pendel, ſelbſt nach Ne
ton's Theorie, in der Höhe ſchneller als unten ſchwi
gen müſſe. Bey genauerer Unterſuchung fand ſich abe
daß das ganze Vorgeben nichts weiter als ein Betru
ſey, daß die Verſuche nie angeſtellt worden ſind, un
ſich weder ein Profeſſor Couttaud in Turin noch e
Mercier in Sitten befinde. Die Geſchichte hiev
wird von de Lüc, welcher den Betrug mit entdeck
half, umſtändlich erzählt [i]).

Newton hat nun zwar das Geſetz der Grav
tation allgemein bewieſen, die Folgen daraus aber nic
vollſtändig herleiten können. Hieran war zum The
ſeine ſynthetiſche Methode, in welcher er nach Art d
Alten ſeine Theorie vortrug, zum Theil aber auch d
Unvollkommenheit der damals erſt entdeckten Rechnun
des Unendlichen Schuld. Nachdem aber ſeine Nac
folger die Analyſis mit unglaublich ſchnellen Fo
ſchritten erweiterten, und den glücklichen Gedank
gehabt hatten, ſie auf die himmliſchen Bewegung
anzuwenden, und dieſe auf Differenzialgleichungen
bringen, ſo gelang es ihnen, alle bekannten Erſch
nungen des Weltſyſtems aus dem Geſetze der Schwe
zu erklären.

Der erſte, welcher durch Anwendung der Analy
die Geſetze der Anziehung, auf welchen Newton'
ganzes Syſtem beruht, näher unterſuchte, war d
Herr von Maupertuis [k]). Er ſagt ganz richti
da

i) Briefe über die Geſchichte der Erde. 8. Th. I. Br. 4.
k) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, an. 173

daß die Attraction keinesweges von der Gestalt der Körper abhange; ein jeder Theil einer Masse besitze eine ihr angemessene anziehende Kraft, und die Summe der anziehenden Kräfte aller Theile bleibe in der ganzen Masse die nämliche, sie möge in ihrer Gestalt eine Aenderung erleiden, welche sie wolle. Dies Princip lehre zwar unläugbar die Erfahrung, es sey aber doch nicht in aller Strenge genommen wahr; denn die Schwere der Körper gegen die Erde hange nicht allein von der Anziehung derselben gegen sie ab, sondern auch von derjenigen, welche die Körper gegen die Erde ausübten, und eben diese letztere müsse nach Verschiedenheit der Gestalt der Körper verschieden seyn, ob wir gleich bey denjenigen Körpern, mit welchen wir Erfahrungen anstellen könnten, auch bey der größten Veränderung ihrer Form, keinen merklichen Unterschied in Rücksicht ihrer Schwere sinnlich wahrnähmen.

Wenn man sich ein Atom oder einen sehr kleinen Körper auf der verlängerten Axe einer kugelförmigen Masse vorstellt, und alsdenn diese Masse in eine kreisförmige Fläche verbreitet gedenkt, so kann die Anziehung der Materie in beyden Fällen auf den Körper unendlich verschieden seyn, obgleich die Quantität der Materie eine und dieselbe bleibt. Denn wenn die Entfernung des kleinen Körpers von der kugelförmigen Masse unendlich weit entfernt ist, so wird die Anziehung der Masse gerade so groß seyn, wie die Summe der Anziehungen aller Theile, welche zusammen genommen die ganze Masse ausmachen. In diesem Falle wird es also gleich viel seyn, ob die Masse ihre kugelförmige Gestalt behalte, oder ob sie in eine Kreisfläche ausgedehnt sey, weil sich alsdenn annehmen läßt, daß die gesammte Anziehung im Mittelpunkte vereinigt

wäre, und mit ihrer ganzen Stärke auf den kleinen Körper wirkte. Wenn im Gegentheil die Entfernung des kleinen Körpers in Vergleichung mit dem Durchmeſſer der kugelförmigen Maſſe endlich iſt, ſo wird es im allgemeinen nicht wahr ſeyn, daß die Anziehung welche die Sphäre ausübt, ſich wie ihre Maſſe verhalte

Indeſſen gebe es doch gewiſſe Geſetze der Anziehung, welche eine ſolche allgemeine Beſtimmung hälten, daß die Größe der Anziehung einer Sphäre und der aus ihr ſich bildenden kreisförmigen Fläche im Verhältniſſe der Menge der Materie ſich befinde. Es ſei merkwürdig, daß, wenn in der Materie das Geſetz der Anziehung des verkehrten Verhältniſſes des Quadrats der Entfernung liege, die ſoliden Sphären, ſo wie die ſphäriſchen Flächen auf Körper, die außer denſelben ſich befänden, eine Anziehung ausübten, welche noch daſſelbe Verhältniß befolge. Inzwiſchen ergäben ſich aus dieſem Geſetze nicht ſo ſonderbare Erſcheinungen, als aus einem andern, das man blos geometriſch betrachten könne, und nach welchem die Anziehung ſowohl ſolider als hohler Sphären das allgemeine Geſetz der Anziehung viel beſtändiger befolge. Vermöge dieſes Geſetzes werde nicht allein ein Körper der außerhalb der Sphäre, ſondern auch einer, der innerhalb derſelben ſich befinde, gegen den Mittelpunkt im Verhältniſſe der Entfernung von derſelben angezogen

Auf dieſe Weiſe würde eine ſo gebildete Sphäre alle Körper außerhalb derſelben in Ellipſen um ſich herumführen, deren Mittelpunkt der Mittelpunkt der Sphäre wäre, und die periodiſchen Umlaufszeiten aller dieſer Körper, in was für einer Entfernung vom Mittelpunkte ſie ſich auch befänden, würden gleich ſeyn. Es würde aber auch dieſe Sphäre dieſelbe Eigenſchaft

au

auf solche Körper haben, die innerhalb derselben geordnet wären. Wenn es keinen Körper gäbe, der in unserm Sonnensysteme den Mittelpunkt einnähme, das ganze System aber eine sphärische Oberfläche begrenze, deren materielle Theile einander im Verhältnisse der Entfernungen anzögen, so würden sich alle Planeten in Ellipsen bewegen, und ihre periodischen Umlaufszeiten würden gleich seyn. Alle diese Erscheinungen fänden aber sowohl außerhalb als innerhalb derselben Sphäre statt, selbst alsdenn, wenn die Sphäre allenthalben mit einer solchen Materie angefüllt wäre, welche der Bewegung keinen merklichen Widerstand leiste.

Uebrigens fügt de Maupertuis noch folgende Bemerkung bey: Wenn Gott gewollt hätte, daß in einem Körper dieselbe Eigenschaft erhalten werden solle, welche in der Materie verbreitet sey, die Körper nach allen möglichen Richtungen hin in dem nämlichen Verhältnisse gleich stark anzuziehen; so hätte die Anziehung der Theile der Materie ein solches Gesetz befolgen müssen, welches die daraus gebildeten sphärischen Körper befolgten. Hierin glaubt er die vorzügliche Ursache zu finden, warum der Schöpfer das Gesetz des verkehrten Verhältnisses des Quadrats der Entfernung gewählt habe.

Die Ursache, warum Newton's System anfänglich so wenig Eingang fand, setzt Clairaut [1]) vorzüglich darin, daß es von den wenigsten richtig verstanden, und selbst von sehr wenigen mit gehöriger Aufmerksamkeit gelesen würde. Er selbst habe es lange Zeit geprüft, ohne davon eine Ueberzeugung zu erhalten,

1) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. an. 1745.

ten, die es in der That verdiene. Endlich aber hab er ſich an die Unterſuchung gewagt, die himmliſche Bewegungen aus der einzigen Vorausſetzung der g genſeitigen Anziehung der Himmelskörper zu beſtimmen Hier ſahe er ſich nun in die Nothwendigkeit verſetzt folgendes Problem, welches die Aufgabe von dreyen Körpern genennt wird, zuförderſt aufzulöſen. E ſind nämlich die Stellungen, Maſſen und Geſchwin digkeiten dreyer Körper gegeben, man ſucht die Curven welche ſie vermöge ihrer Anziehung gegen einander be ſchreiben müſſen, vorausgeſetzt, daß dieſe den Maſſen proportional ſey, und im umgekehrten Verhältniſſe der Quadrats der Entfernung wirke. Dieſe Aufgabe ha ben außer Clairaut beynahe mit ihm zu gleicher Zeit die Herrn Euler und d'Alembert zuerſt auf gelößt. Sie fanden übereinſtimmend durch die Theo rie der Anziehung die Bewegung der Erdnähe des Mon des um die Hälfte kleiner, als nach den Beobachtun gen. Ein ſolches Reſultat, ſagt Clairaut, welches den Newtoniſchen Principien ſo ſehr entgegen wäre, könnte hinreichenden Grund abgeben, Newton's Syſtem zu verlaſſen; allein die Uebereinſtimmung welche es mit allen andern Phänomenen ſo ſchön zeige mache es für ihn außerordentlich einnehmend. E ſchloß vielmehr aus dieſen ſeinen Unterſuchungen, daß das Geſetz der Anziehung nicht ſo einfach ſey, als man bisher geglaubt habe, und daß es aus einer Zu ſammenſetzung von zweyen Theilen beſtehe, deren er ſterer dem Quadrate der Entfernung umgekehrt propor tionirt, und in großen Entfernungen der Planeten von der Sonne allein merklich ſey; der zweyte aber bey abnehmender Entfernung in einem größern Verhält niſſe wachſe, und in der Entfernung des Mondes von der Erde merklich werde. Indeſſen iſt er ſo beſcheiden

dabey

dabey zu bemerken, daß er keinesweges ein neues Gesetz der Anziehung einführen wolle, das keiner beträchtlichen Verbesserung bedürfe; vielmehr ist er überzeugt, daß mehrere Beobachtungen nöthig sind, um das wahre hiebey statt findende Gesetz aufzufinden. Büffon m) griff die von Clairaut gemachte Folgerung sehr lebhaft an, und stützte sich darauf, daß die ursprünglichen Naturgesetze, als die einfachsten, nur nach einerley Maaßstabe abgemessen werden könnten, und ihr Ausdruck nicht mehr als ein Glied enthalten könnte. Diese richtige Bemerkung eines Metaphysikers konnte unmöglich mit ganz gleichgültigen Augen angesehen werden. Sie und viele andere beobachtete Ungleichheiten im Laufe des Mondes gaben daher die Veranlassung, daß die Akademie zu Petersburg im Jahr 1749 folgendes Problem als eine Preisaufgabe zur Auflösung vorlegte: ob alle Ungleichheiten, welche man im Laufe des Mondes bemerke, mit der Newtonischen Theorie übereinstimmten, oder nicht? Clairaut erhielt den Preis. Er fand durch eine fruchtbare Anwendung der Analyse, daß sich alle Erscheinungen, welche damals am Monde bekannt waren, mit hinreichender Genauigkeit aus dem allgemeinen Gesetze der Gravitation herleiten lassen, nur die Erdnähe des Mondes fand er beständig kleiner, als sie nach den Beobachtungen seyn sollte.

Die Aufgabe von dreyen Körpern hatte indessen Gelegenheit gegeben, die Ungleichheiten des Mondslaufs in analytische Formeln zu bringen, und Euler besonders hatte sie in sehr geschmeidigen Ausdrükken angegeben. Man wurde aber sehr bald überzeugt,

m) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. an. 1745.

zeugt, daß alle dieſe Auflöſungen zum praktiſchen Gebrauche entweder gar nicht, oder doch nur als Näherung anwendbar ſind. Endlich unternahm es Tobias Mayer [n]) in Göttingen, aus Newton's Theorie alle Ungleichheiten im Mondslaufe abzuleiten. Nach verſchiedenen fruchtloſen Unterſuchungen fand er endlich eine Methode, alle Ungleichheiten des Mondslaufs ſo genau zu beſtimmen, daß man den wahren Ort des Mondes für jeden Zeitpunkt bis auf 1 Minute richtig finden kann. Seine Methode iſt zwar nicht bekannt worden, die von ihm daraus berechneten Mondstafeln beweiſen aber, daß Newton's Theorie den ſchwerſten Phänomenen in dem Laufe der Himmelskörper genugthue, und daß folglich das Geſetz der Gravitation ein allgemeines Naturgeſetz ſey.

Auch giebt Herr de la Lande [o]) bereits folgende Phänomene an, von welchen, jedes einzeln betrachtet, hinreichend ſeyn würde, das Daſeyn der Gravitation zu beweiſen, und von welchen an den gehörigen Orten weiter geredet werden ſoll: 1. die Ebbe und Fluth, 2. die Ungleichheiten des Mondslaufs, 3. die Bewegung der Planeten um die Sonne, 4. die elliptiſche Geſtalt aller um die Sonne gehenden Bahnen, 5. das Vorrücken der Nachtgleichen, 6. das Wanken der Erdaxe, 7. die Perturbationen oder Stöhrungen, welche die Planeten in ihrem Laufe durch ihre wechſelſeitige Einwirkung leiden, 8. die Ungleichheiten des Laufs der Kometen, 9. die abgeplattere Geſtalt der Erde und des Jupiters, 10. die anziehende Kraft der Berge gegen das Pendel, 11. eine kleine Aenderung

n) Commentar. ſociet. regiae ſcient. Goetting. T. II. Goetting. 1752. 4 p. 383 ſqq.

o) Aſtronomie, Paris 1764. 2 Quartbände.

rung der Breite der Fixsterne wegen der Gravitation der Erde gegen den Jupiter, 12. das Abnehmen der Schiefe der Ekliptik, 13. die Bewegung der Apsidenlinien aller Planeten, 14. die Bewegung aller Knotenlinien, 15. die Ungleichheiten des Laufs der Jupitersmonde.

Inzwischen waren die meisten Naturforscher und Astronomen dieses Zeitraums noch Anhänger von Cartesens Systeme, und suchten alle Erscheinungen der Himmelsbewegungen durch eine schwermachende Materie zu erklären, wobey sie zugleich, da sie das Daseyn des allgemeinen Gesetzes der Gravitation nicht mehr läugnen konnten, auf dieses Gesetz mit Rücksicht nahmen. Man konnte nicht begreifen, daß die im Systeme geordneten Körper ohne Zwischenmittel auf einander zu wirken im Stande wären. Im Systeme der Anziehung könne man gar keinen Grund angeben, warum sich alle Himmelskörper von Abend gegen Morgen um die Sonne bewegten, und warum ein jeder Körper für sich eben so um seine Axe sich drehte; eine solche Bewegung im leeren Raume sey unmöglich, indem kein unmittelbarer Antrieb zu gedenken sey und statt finden könne.

Der Herr von Mairan p) suchte die Wirbel auf diese Art aufrecht zu halten: er nahm zwey Voraussetzungen an, aus welchen er alle Bewegungen der Himmelskörper und die Schwere der Körper zu erklären sucht, und welche er für völlig erwiesen hält: 1. die Körper, welche an irgend einem Orte im Sonnenwirbel ihre Stellung hätten, wären gegen einen gewissen Centralpunkt, z. B. gegen die Sonne, und zwar

p) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris an. 1729.

zwar im verkehrten Verhältniſſe des Quadrats ihrer Entfernung ſchwer, ſo daß derſelbe Theil einer Materie in verſchiedenen Stellungen und Entfernungen in demſelben Verhältniſſe ſchwer ſey. Dieß finde aber nicht allein im Sonnenwirbel, ſondern auch in allen übrigen der Hauptplaneten und den ihnen zugehörigen beſondern Wirbeln ſtatt. 2. der ſchwerſte Theil irgend eines Körpers, welcher in der flüſſigen Materie ſchwimme, werde dahin getrieben, wo die flüſſige Materie ausgehe, und der leichteſte Theil dahin, wo die flüſſige Materie ſich hinbewege.

De Moliers[q]) behauptet, daß Carteſens drey Elemente mit ſich nicht beſtehen könnten, weil die Theile des erſten Elements ſo fein wären: daß ſie ſehr bald ihre anfänglich erhaltene Geſchwindigkeit durch Mittheilung mit den beyden übrigen gröbern Elementen ganz und gar verlieren würden. Dafür ſetzt er den Aether, eine überaus feine und elaſtiſche Materie, welche aus kleinen Wirbeln zuſammengeſetzt iſt, das ganze Univerſum in Bewegung verſetzt, und die ſchweren Körper wegen ſeines unendlich kleinen Widerſtandes nicht merklich ſtört. Hieraus erklärt er die Schwere der Erdkörper auf folgende Art: der feſte Körper, deſſen Theile ſo nahe an einander ſind, daß ſie ſich in keinem Wirbel bewegen können, läuft um die Erde, welche einen großen Wirbel bildet, eben ſo geſchwind herum, als das Volumen eines kleinen Wirbels, deſſen Stelle er einnimmt. Aber die Kraft, mit welcher ſich der Körper vom Mittelpunkte der Erde zu entfernen ſtrebt, iſt das Mittel von derjenigen, womit ein gleiches Volumen des Wirbels ſich von ſelbiger entfernen will, weil der kleinere Wirbel außer der allge-

q) Leçons de phyſique. à Paris 1733. 12.

allgemeinen Kraft des großen Wirbels noch die seines kleinern Theils besitzt, welche sich vom Mittelpunkte der Erde zu entfernen streben. Die Schwere, mit welcher sich ein fester Körper dem großen Wirbel nähern will, ist im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom Mittelpunkte des großen Wirbels, weil die Kraft des kleinern Wirbels wächst und abnimmt im verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte des Wirbels: die Schwere des Körpers, welche die unmittelbare Wirkung dieser Kraft ist, muß daher in dem nämlichen Verhältnisse wachsen und abnehmen.

Johann Bernoulli r) setzt in die Mitte der Erde und jedes Planeten eine Centralsonne, aus welcher die feinste Materie in geraden Strahlen ausströmt, aber in kleinen Flocken, von 3, 4 und mehreren Kügelchen zusammen, zurückkehrt. Diese Flocken bilden einen Centralstrom, und da sie wegen ihrer Größe die Körper nicht frey durchdringen können, so stoßen sie gegen die kleinsten Theile derselben an, und treiben diese gegen den Mittelpunkt, oder gegen die Centralsonne nieder.

Ich könnte noch eine sehr große Menge anführen, welche die Bewegungen der Himmelskörper und der Schwere der Erdkörper, nach Cartesens Art, durch den Stoß einer feinen Materie zu erklären versucht haben; allein schon diese angeführten Hypothesen zeigen hinlänglich, wie ängstlich man sich bemüht hat, die mechanischen Erklärungen des Cartesius beyzubehalten, und mit den Naturgesetzen zu vereinigen.

Man

r) Nouvelle physique coeleste. Oeuv. T. III. n. 146.

Maupertuis ſchließt ſeine Erzählung der cartesianiſchen Syſteme mit folgenden Worten: Man muß geſtehen, daß ſich bisher die Wirbel mit den Phänomenen noch nicht auf eine befriedigende Art haben vereinigen laſſen. Dieß berechtigt jedoch nicht, ſie für unmöglich zu halten. Nichts iſt ſchöner, als Carteſens Gedanke, alles in der Phyſik durch Materie und Bewegung zu erklären; aber wenn dieſer Gedanke ſchön bleiben ſoll, ſo muß man ſich nicht erlauben, Materien und Bewegungen bloß darum anzunehmen, weil man ihrer nöthig hat.

Uebrigens bemerkt Maupertuis ganz richtig, daß die beſondern Anziehungen der Erdkörper gegen einander durch die ſo große Anziehung unſerer Erde ganz unmerklich gemacht werden, wie der leiſeſte Hauch durch den Sturmwind. Indeſſen könnten aber doch dieſe beſondern Anziehungen merklich werden, wenn ſie gegen Körper gerichtet wären, deren Maſſen ein beträchtliches Verhältniß gegen die ganze Erdmaſſe hätten. So hätten Bouguer und de la Condamine gefunden, daß der Berg Chimboraço in Quito nahe am Aequator das am Quadranten hangende Bleyloth gegen ſich von der lothrechten Richtung abgezogen habe. Durch mehrere auf der Nord- und Südſeite des Berges gemeſſene Höhen der Sterne hätten ſie die Abweichung des Bleylothes auf 7″ bis 8″ beſtimmt.

Cohäſion oder Zuſammenhang.

Newton und alle ſeine Anhänger hatten ſehr wohl eingeſehen, daß die Anziehung der Materie in der Ferne von der Anziehung in der Berührung zu unterſcheiden ſey. Auch hatte Keill einige Geſetze der Anziehung in der Berührung bekannt gemacht, und

Freind

Freind dieselben zur Erklärung der chemischen Phänomene und Operationen angewendet; allein man sahe bald, daß sie keinesweges befriedigten. Der erste, welcher nach Newton die Lehre der Cohäsion aus einem ganz andern Gesichtspunkte mit vielem Scharfsinne betrachtete, war Hamberger *). Seine Untersuchungen über diesen Gegenstand machen in der That den Grund aus, auf welchen die nachfolgenden Physiker weiter gebauet, und denselben nur hin und wieder etwas ausgebessert haben. Es ist daher nöthig, sie etwas umständlich zu erzählen.

Unter dem Ausdrucke: Körper cohäriren, versteht Hamberger eine gegenseitige Wirkung derselben ohne Bewegung. Von diesem allgemeinen Begriffe schließt er selbst die Schwere der Erdkörper nicht aus, indem man nicht läugnen könne, daß die Körper mit der Erde vermöge ihrer Schwere cohärirten. In einer engern Bedeutung des Wortes Cohäsion hingegen ist die Schwere nicht darunter mit begriffen, und allerdings von dieser verschieden. Dieser Unterschied liegt zum Theil in der Richtung, zum Theil in der gegenseitigen Einwirkung der sich berührenden Körper, zum Theil aber auch in beyden zugleich. Daß da, wo eine Cohäsion statt finde, eine gegenseitige Wirkung zugegen sey, erhelle daraus, daß man eine äußere Kraft anwenden müsse, um die Theile der Körper zu trennen.

Körper cohäriren nur alsdenn, wenn sie sich in ihren Oberflächen unmittelbar berühren. Dieß beweisen:

1. die Tropfen aller flüssigen Materien, welche alsdenn erst cohäriren, wenn sie wirklich in Berührung kommen,

2.

*) Elementa physices. Jenae 1727. 8. cap. de cohaesione.

2. die flüſſigen Körper, welche ſich an gewiſſe feſt Körper nur alsdenn anhängen, wenn ſie dieſe berühren

und außerdem noch unendlich viele andere Erfahrun gen.

Hiernächſt unterſucht Hamberger die Mey nung derjenigen, welche den Grund der Cohäſion i einer flüſſigen Materie ſuchen wollen, die auf diejeni gen Theile drucke, die ſich nicht unter einander berühr ten. Allein er findet ſie völlig unzureichend, darau die Cohäſion zu erklären. Da nun, ſagt er, die Co häſion in einer wirklichen gegenſeitigen Wirkung de ſich berührenden Theile beſtehe, dieſe aber eine wirkend Urſache vorausſetze, ſo ſehe man leicht, daß dieſe Ur ſache nicht außerhalb des Körpers geſucht werden kön ne, ſondern daß vielmehr die Cohäſion von einer eig nen Kraft der Körper abhange, die nach folgenden Ge ſetzen wirke:

1. Je größer dieſe Kraft ſey, welche die Elemen te oder primitiven Theile beſäßen, deſto größer ſey die Cohäſion.

2. Je mehrere Berührungspunkte vorhanden wä ren, deſto ſtärker ſey die Cohäſion.

Wenn man alſo die Größe der Cohäſion a priori erforſchen wolle, ſo müſſe man die Kraft der Körper womit ſie auf einander wirkten, und die Anzahl der Berührungspunkte wiſſen. Es verhielten ſich alſo bey gleichartigen Körpern die Menge der Berührungs punkte, wie die Grundflächen der Körper; bey un gleichartigen Körpern hingegen wachſe bey gleichen Grundflächen die Menge der Berührungspunkte in Verhältniſſe ihrer Dichtigkeiten oder ihrer ſpecifiſchen Gewichte. Hamberger glaubt daher, daß das ſpe cifiſche Gewicht der Körper ein Mittel ſey, die größer

oder geringere Kraft derselben zu erkennen. Hiebey unterscheidet er aber ganz richtig die Dichtigkeit und das specifische Gewicht der Theile von der Dichtigkeit und dem specifischen Gewichte des aus diesen Theilen zusammengesetzten Körpers. So sind z. B. die Theile eines Stück Holzes specifisch schwerer, als Wasser, und gleichwohl schwimmt das Stück Holz auf dem Wasser. Diesen Unterschied müsse man, sagt er, bey der Lehre von der Cohäsion sehr wohl in Acht nehmen. Bey dieser komme es bloß auf die Berührung der Theilchen der Körper an, und da der dichtere oder specifisch schwerere Körper bey einerley Fläche eine größere Menge von berührenden Theilchen darbiete, die Kraft dieser Theilchen aber die Stärke der Cohäsion bestimme, so ließe sich auch hieraus das specifische Gewicht derselben erkennen. Aus diesen Voraussetzungen sucht nun Hamberger einige Gesetze mittelst der Erfahrung herzuleiten.

Wenn ein Tropfen Wasser auf einen festen specifisch schwerern Körper gebracht werde, so behalte er seine sphärische Gestalt nicht, sondern zerfließe auf selbigem oder mache ihn naß. Dieß Zerfließen erfolge weit schneller, wenn die Oberfläche des festen Körpers schon vorher mit Wasser etwas feucht gemacht wäre, und es könne unmöglich von dem Gewichte des Wassertropfens herrühren, indem das Gewicht eines solchen Tropfens, der die Größe einer Erbse nicht überschreite, viel geringer sey als die Kraft der Cohäsion. Auch könne der Grund des Zerfließens nicht in dem Drucke der Luft liegen, weil diese Erscheinung eben so gut im leeren Raume, wie in freyer Luft, statt finde. Außerdem zerfließe ein Tropfen von einerley flüssigen Materie auf der Fläche verschiedener Körper,

auf andern feſten Körpern hingegen behalte er ſeine ſphä
riſche Geſtalt. Der Grund des Zerfließens auf d
Oberfläche der feſten Körper müſſe daher allein in d
Cohäſion der flüſſigen Materie mit den feſten Körper
geſucht werden. Eben ſo ſteige an den Wänden ſolch
Gefäße, deren Materie ſpecifiſch ſchwerer als die flü
ſige Materie ſey, womit ſie nicht ganz voll angefül
wären, ein kleiner Berg auf, und es bilde daher d
flüſſige Materie in den Gefäßen keine völlig wagrech
Ebene, wie es nach den hydroſtatiſchen Geſetzen ſey
ſollte. Dieſe Erſcheinung erklärt Hamberger gan
richtig zuerſt ſo: weil die flüſſigen Theile zu gleiche
Zeit ſchwer und cohärirend ſind, ſo müſſen die Thei
chen derſelben, welche die Wand des Gefäßes berühren
dadurch in ihrem ſenkrechten Drucke nach unten ver
mindert werden, und ſie werden an der Wand umhe
um ſo viel höher ſtehen müſſen, als ihr verminderte
Druck dem Drucke der davon entferntern Säule
das Gleichgewicht halten kann. Dieſelben Erſchei
nungen erfolgen, wenn Queckſilber in metallene Ge
fäße gebracht wird.

Da nun das Waſſer vermöge der Cohäſion eben
ſo auf die Körper, wie das Queckſilber auf die Me
talle wirke, jene Körper aber ſpecifiſch ſchwerer, al
das Waſſer, ſo wie die Metalle ſpecifiſch ſchwerer
als das Queckſilber wären, ſo ergebe ſich aus dieſe
Erfahrung das erſte Geſetz der Cohäſion: Flüſſig
Materien wirken in der Berührung au
feſte ſpecifiſch ſchwerere Körper.

Die nämliche Wirkung zeige ſich aber auch bei
gleichartigen Körpern, wenn ſie in Berührung kämen
und daraus folge das andere Geſetz der Cohäſion
Flüſ

Flüssige Körper wirken auf Körper von gleichem specifischen Gewichte.

Diese beyden Regeln glaubt Hamberger durch Induction gefunden zu haben. Wenn demnach die angeführte Bedingung, daß nämlich die flüssige Materie specifisch leichter, als der feste Körper, seyn muß, die einzige wahre sey, unter welcher die flüssige Materie mit dem festen Körper in der Berührung cohärire, so folge hieraus sehr leicht das dritte Gesetz der Cohäsion: Flüssige Körper von specifisch schwererm Gewichte cohäriren nicht mit specifisch leichtern festen Körpern.

Diese letztere Regel bestätige noch folgender Versuch. Wenn ein Queckſilbertropfen auf einen unmetallenen Körper gebracht werde, so zerfließe er nicht, sondern behalte seine sphärische Gestalt, und in metallenen Gefäßen erhebe sich das Queckſilber nicht an den Wänden derselben, sondern es stehe vielmehr an denselben niedriger, als in der Mitte.

Der Grund, warum flüssige Körper von specifisch schwererm Gewichte mit festen Körpern von specifisch leichterm Gewichte nicht merklich cohäriren, müsse ohne Zweifel in der geringern Anzahl der Berührungspunkte gesucht werden. Denn da specifisch schwerere Körper in einerley Raum eine größere Menge Materie enthielten, als specifisch leichtere Körper, so müßten auch ihre Theile unter derselben Gestalt und Größe in mehreren Punkten sich berühren, als leichtere Körper; daher müßten nothwendig die Theile der specifisch schwerern Körper unter einander stärker zusammenhängen, als mit leichtern Körpern. Je mehr also das specifische Gewicht der flüssigen Materie das des festen Körpers übertreffe, desto geringer sey die Cohäsion der

Theile des leichtern Körpers mit der ſpecifiſch ſchwerern flüſſigen Materie.

Ueberhaupt giebt Hamberger für alle flüſſigen Materien, welche unter einerley Umſtänden ſich befinden, folgende Regeln:

1. Eine jede flüſſige Materie cohäriret mit keinem Körper, deſſen Theile ſpecifiſch leichter ſind, als die Theile der flüſſigen Materie, oder deſſen Theile weniger unter ſich zuſammenhangen, als die Theile der flüſſigen Materie unter ſich.

2. Wenn die Theilchen einer flüſſigen Materie einzeln zwiſchen zwey Körper gebracht werden, wovon der eine ein viel größeres ſpecifiſches Gewicht als der andere beſitzt, ſelbſt in Rückſicht ihrer Theile, ſo cohäriren die ſpecifiſch leichtern Körper mit den Theilen der ſpecifiſch ſchwerern flüſſigen Materie wegen der Reaction.

3. Wenn Körper, welche ein Theilchen einer flüſſigen Materie in entgegengeſetzten Punkten berühren zwar ſpecifiſch leichter als das Theilchen der flüſſigen Materie, aber gleichartig ſind, ſo wirkt das Theilchen der flüſſigen Materie den beyden Körpern entgegen, und zeigt daher Cohäſion.

4. Wenn Körper, welche in entgegengeſetzten Punkten ein Theilchen der flüſſigen Materie berühren ſpecifiſch ſchwerer, als das Theilchen der flüſſigen Materie, ſind, oder auch ein ihm eigenthümliches Gewicht beſitzen, ſo wird das flüſſige Theilchen mit beiden Körpern cohäriren, jedoch mit demjenigen mehr wo mehrere Berührungspunkte ſtatt finden.

Dieſelben Regeln gelten auch für feſte Körper. Feſte Körper cohäriren mit einander, wenn die Anza

der Berührungspunkte vermehrt werden kann. So fand Hamberger, daß zwey kleine bleyerne Cylinder, deren Grundflächen recht eben gemacht, und mit einiger Umdrehung um ihre Axe etwas gegen einander angedruckt waren, bisweilen durch ein angehängtes Gewicht von 18 Pfunden nicht von einander getrennt werden konnten. Noch weit beträchtlicher wäre aber die Cohäsion der festen Körper, wenn ihre Grundflächen mit einer solchen flüssigen Materie bestrichen würden, deren Theile wenigstens nicht specifisch schwerer, als die Theile der festen Körper, wären. Diese flüssige Materie fülle nämlich die auf der Oberfläche der festen Körper sich befindenden Ungleichheiten aus, wodurch die Berührungspunkte vermehrt würden. Die dazwischen kommende flüssige Materie müßte aber folgende Eigenschaften besitzen, wenn durch die Cohäsion eine beträchtliche Stärke erhalten werden sollte: 1. müsse sie specifisch leichter, als die festen Körper, seyn, und 2. müsse sie zu jeder Zeit des Jahrs fest werden. Je mehr sich das specifische Gewicht der flüssigen Materie dem specifischen Gewichte der festen Körper nähere, desto stärker sey der Grad des Zusammenhanges derselben.

Aus diesen angeführten Sätzen zieht Hamberger diese Folgen:

1. Alle Theilchen der flüssigen Materien müssen unter einander ein wenig cohäriren.

2. Weil diese Theilchen mit geringer Kraft unter sich zusammenhiengen, es aber gleichwohl flüssige Materien gebe, welche ein beträchtliches Gewicht besäßen, so müßten sie sich nothwendig nur in wenigen Punkten berühren,

3. Daher beſäßen ſie auch die ſphäriſche oder ſphä roidiſche Form.

4. Es müßten folglich Zwiſchenräume zwiſche den Theilen der flüſſigen Materien geben, welche nich mit eben ſo großen Theilen, aus welchen die flüſſige Materien ſelbſt zuſammengeſetzt wären, ausgefüllt ſeyen ob ſie gleich andere kleinere Theile enthielten.

5. Wenn ſich daher mehrere Theile einer flüſſige Materie berührten, ſo würden ſie ſich in einer ander Flüſſigkeit von merklich verſchiedenem ſpecifiſchen G wichte, ohne daß ihnen Bewegung und Gewichte de ſelben im Wege ſtehe, in Sphären formen; denn ſ lange die Geſtalt nicht ſphäriſch ſey, wirkten imme mehrere Theile gegen wenigere, mithin könnte in il nen kein Gleichgewicht erfolgen, wenn ſie nicht die Form hätten.

Aus dieſer ſeiner Theorie erklärt Hamberge folgende Phänomene:

1. Wenn ein Glas, oder ein anderes Gefäß (fig. 1. mit Waſſer angefüllt in eine geneigte Lage gebrach wird, ſo daß das Waſſer nur tropfenweiſe aus ſelbi gem laufen kann, ſo wird es an der Wand a b de Gefäßes auswendig herablaufen, ohnerachtet es durc die Schwere nach der ſenkrechten Richtung herabgetri ben werden ſollte. Es wird nämlich der Tropfen durch die Schwere in der Richtung g h getrieben aber die Cohäſion deſſelben mit dem Glaſe wird nac der auf der Wand des Glaſes ſenkrecht ſtehenden Wir kung ihn nach der Richtung g c zu ziehen; er wir alſo nach der Richtung der Diagonale a b getriebe werden; dieß wird von allen nachfolgenden Tropfe gelten, und ſie werden, wenn ſie hinter einander folgen einen Waſſerſtrahl längſt der Wand a b des Gefäße

machen

machen. Ist der Wassertropfen in den Punkt b angekommen, so wird er nun nach der Richtung gc durch die Cohäsion gegen das Gefäß, und nach gh durch die Schwere getrieben; beyde Kräfte sind sich entgegengesetzt, und es kommt nun darauf an, welche Kraft die größeste sey, die Schwere d. i. das Gewicht des Wassertropfens, oder die Cohäsion desselben mit dem Glase. Ist das erstere, so fällt er herab; ist das letztere, so bleibt er hangen. Wenn der Wasserstrahl mit einer gewissen Geschwindigkeit am Glase herabläuft, so erlangt er durch den Fall eine gewisse Geschwindigkeit und Kraft, nach der Richtung abm sich fortzubewegen. Da er aber zu gleicher Zeit durch die Schwere, während er nach bm zu gehen fortfahren will, nach gk getrieben wird, so bewegt er sich durch die Linie bl.

2. Wenn zu viel Wasser auf einmal ausgegossen wird, so ist das Gewicht des Wasserstrahls viel größer, als die Summe der Kräfte der Cohäsion in den berührenden Theilen, und dann fällt der Strahl senkrecht herab. Dieß erfolgt auch, wenn das Gefäß horizontal gehalten wird; alsdenn wird die Richtung, nach der die Cohäsion auf das Gefäß wirkt, der der Schwere gerade entgegengesetzt, und das Wasser muß der Richtung der größern Kraft folgen.

3. Wenn eine enge Röhre (fig. 2.) ab eine schiefe Mündung hat, und daraus das Wasser nach der Richtung gd zu springen genöthigt wird, so wird es an der Mündung von zweyen Kräften getrieben werden, indem auf der einen Seite die Cohäsion nach der Richtung gc, die andere treibende Kraft aber nach der Richtung gd wirkt; beyde Richtungen machen

mit einander den Winkel cgd, und es muß ſich fol lich der Strahl nach der Diagonale gf bewegen.

4. Es ſpringe das Waſſer aus der engen Mü dung (fig. 3.) b der Röhre ab in der ſenkrechten Ric tung bck hervor, und es werde der Waſſerſtrahl in mit einem runden gläſernen, metallenen oder hölzern Stabe berührt, ſo wird der Strahl gleich ſeine Ric tung am Berührungspunkte ändern, um den Sta herum nach d, und weiter nach unten zu gehen, u von e herab in der Richtung ef fallen. Jeder d Stab berührende Tropfen ſtrebt durch die Kraft d Drucks, die ihn nach oben zu treibt (fig. 4.), na gk zu gehen; die Cohäſion mit dem Stabe aber mach daß er ſenkrecht darauf angezogen wird, alſo nach d Richtung gc wirkt; er wird daher, von zwey Kräfte gk und gc getrieben, die Diagonale gg durch laufen. Da aber die Cohäſion gc ſtetig wirkt, wird er alle Augenblicke von der Richtung der Tan gente gk abgelenkt werden, mithin eine krumme Lin um den Stab herum beſchreiben. Beym Hinabwärt gehen wird die Geſchwindigkeit des Waſſerſtrahls durc die Schwere beſchleunigt, unten aber auch wiede geſchwächt, die Tropfen werden alſo unten langſame bewegt werden, wenn ſie wieder der Richtung de Schwere entgegen in die Höhe ſteigen ſollen, ſich folg lich wegen des ſchnellern Nachfolgens der folgende anhäufen, und durch das vergrößerte Gewicht di Stärke der Cohäſion gegen den Stab zu überwinden und ſolchergeſtalt in der Richtung gl herabfallen.

5. Wenn die Mündungen der Röhren (3. 4.) zu weit ſind, ſo wird alsdenn die bewegende Kraft de Waſſerſtrahls zu groß, ſo daß der ganze Waſſerſtrah

in seiner ursprünglichen Richtung durch solche Vorrichtungen nicht abgeändert wird.

Alle diese Erscheinungen, bemerkt Hamberger, finden statt, wenn statt des Wassers Queckſilber genommen und statt gläserner Röhren metaliene gewählt werden; dagegen fallen sie aber gänzlich weg, wenn Queckſilber aus gläsernen oder andern Röhren springt, deren Theile mit den Theilen des Queckſilbers nicht so stark zusammenhängen, als die Theile des Queckſilbers unter sich.

Auch erklärt Hamberger hieraus ganz richtig, warum Queckſilber in solchen Gefäßen, welche mit den Theilen desſelben nicht zusammenhängen, eine convexe Oberfläche annimmt, und folglich rund an den Wänden der Gefäße eine Vertiefung bildet. Nach hydrostatischen Gesetzen sollte nämlich das Queckſilber in Gefäßen eine vollkommen horizontale Oberfläche bilden, welches auch wirklich statt finden würde, wenn die Theile bloß der Schwere, nicht der Cohäsion folgten. Wenn sie dagegen bloß der Cohäsion gleichförmig folgten, und nicht zugleich schwer wären, so würden sie in allen Gefäßen eine vollkommene Kugelfläche bilden. Da sie aber zu gleicher Zeit cohärirend und schwer sind, so müssen die mittleren Säulen sinken, wenn sie um so viel höher stehen, als die äußere, daß ihr senkrechter Druck durch die Schwere mehr beträgt, als die Cohäsion zu erhalten vermögend ist. Es wird daher die Convexität nur an den Wänden der Gefäße wahrzunehmen seyn.

Hamberger führt noch andere merkwürdige Erscheinungen an, welche sich auf den Zusammenhang flüssiger Materien mit festen, welcher größer oder klei-

ner iſt, als der zwiſchen den Theilen der flüſſigen Materie ſelbſt, gründen.

Wenn Bärlappſaamen (ſemen lycopodii) auf die Fläche eines feſten Körpers geſtreut, und darauf ein Waſſertropfen gebracht wird, ſo zerfließt dieſer nicht, ſondern behält ſeine ſphäriſche Geſtalt. Auf ſolche Art kann man, wenn dergleichen Saame auf eine Waſſerfläche geſtreut wird, durch ſelbige ins Waſſer greifen, ohne die Finger naß zu machen.

Wird an der innern und äußern Seite, ſo wie am Rande irgend eines Gefäßes Bärlappſaamen gebracht, ſo wird das Waſſer aus einem ſolchen Gefäße, wenn es in eine geneigte Lage gebracht wird, nicht an der äußern Wand des Gefäßes herablaufen. Auch werden ſich Waſſertropfen nicht vereinigen, wenn ſie mit Bärlappſaamen umgeben ſind.

Wenn ein gläſernes Gefäß nicht ganz voll Waſſer gefüllt, und auf ſelbiges eine kleine hohle gläſerne Kugel geſetzt wird, ſo wird ſich rund um die Kugel ein Waſſerberg erheben, und ſie in der Mitte der Waſſerfläche ruhig ſtehen bleiben. Sobald ſie aber der Wand des Gefäßes näher kommt, ſo wird an dieſer Seite der an ihr aufgeſtiegene Waſſerberg höher, als auf der entgegengeſetzten Seite ſeyn, und die Kugel wird ſich mit beſchleunigter Bewegung nach der Wand des Gefäßes hin bewegen. Auf eben dieſe Art bewegt ſich die Kugel von der Mitte des Waſſers gegen den Finger, oder einen andern Körper, den man ins Waſſer ſteckt, und welcher davon naß wird.

Wenn hingegen die kleine hohle Glaskugel mit Fett beſtrichen, und dann mit Bärlappſaamen belegt wird, ſo wird ſie, aufs Waſſer gebracht, von der Sei-

tens

tenwand des Gefäßes desto schneller sich abwärts bewegen, je näher sie derselben gebracht ward. Eben so wird sich die Kugel von dem Finger, oder von einem andern Körper, an welchem sich das Wasser hängt, wegwärts bewegen.

Wenn ein Gefäß mit Wasser übervoll angefüllt wird, so wird es eine convexe Oberfläche erhalten, welche der sphärischen Gestalt desto näher kommt, je enger das Gefäß ist. Legt man nun eine hohle gläserne Kugel auf die Oberfläche des Wassers nahe an die Wand des Gefäßes, so wird sich zwar das Wasser rund um die Kugel herum erheben, auf derjenigen Seite aber, welche der Wand am nächsten ist, in geringerer Höhe, als auf der entgegengesetzten Seite; es wird sich also die Kugel von der Wand des Gefäßes nach der Mitte zu bewegen. Wird aber ein Finger oder sonst ein Körper, an welchem das Wasser zerfließt, in der Nähe der Kugel ins Wasser gesteckt, so steigt nun dasselbe zwischen dem Finger und der Kugel wegen der Cohäsion höher, und die Kugel bewegt sich mit beschleunigter Bewegung gegen den Finger. Bestreicht man die Kugel mit Fett, und belegt sie alsdenn mit Bärlappsaamen, so wird sie sich nunmehr, wenn sie auf die Wasserfläche gegen den Rand des Gefäßes gebracht wird, mit beschleunigter Bewegung dahin begeben, und daselbst ruhig stehen bleiben.

Auch leitet Hamberger aus der Cohäsion zwischen ungleichartigen Substanzen die Kitte, den Mörtel, das Löthen, Verzinnen, Vergolden u. d. gl. her. Er glaubt aber, daß sich der Zusammenhang nach der Dichtigkeit der Materie richte, daß nämlich diejenigen flüssigen Materien mit einer festen desto stärker cohäriren, je mehr das specifische Gewicht derselben dem spe-

ſpecifiſchen Gewichte des feſten Körpers nähere.
berhaupt meint er, wie bereits angeführt worden,
Geſetz, daß ſich die Größe des Zuſammenhanges
Körpern von ungleicher Art nach ihrer verſchiede
Dichtigkeit richte, ſey ein allgemeines Naturgeſetz.

Allein ſchon Muſſchenbroek t), welcher
nahe zu gleicher Zeit mit Hambergern, ohne
dieſem etwas gewußt zu haben, dieſen Gegenſtand
nauer unterſuchte, bewieß durch mancherley Verſu
daß dieß von Hambergern angeführte Geſetz kei
weges allgemein wahr ſey, ob er es gleich nachher ſel
behauptete. Muſſchenbroek ſucht ebenfalls zu
weiſen, daß die Urſache der Cohäſion keinesweges v
dem Drucke des Aethers herrühren könne, vielm
iſt er der Meynung, daß dieſer aus einer geſund
Phyſik ganz verbannt werden müſſe. Er ſucht zu
weiſen, daß die Cohäſion bloß von einer innern Kr
der kleinſten Theile der Materie abhange, ſo wie au
Hamberger annahm. Aeußere Kräfte anzunehme
um das Phänomen der Cohäſion zu erklären, ſey v
lig unzureichend. Innere Kräfte der Materie lehrt
uns freylich die äußern Sinne nicht, aber die Wi
kungen in der Natur zeigten ſie unläugbar. Die a
gemeinſten Wirkungen ſeyen dieſe, daß ein jeder Kö
per, ein feſter oder flüſſiger, mit einem andern feſt
oder flüſſigen in unmittelbarer Berührung gebracht, i
leeren Raume cohäriren, in einer gewiſſen Entfernun
hingegen weder der eine noch der andere Körper ei
Beſtreben zeige, ſich nach dem andern hinzubeweger
Dieſe innere Kraft der Materie könne man anziehend

Kra

t) Diſſertat. phyſicae et mathemat. Lugd. Batav. 1729. 4
p. 353. 451 ſqq.

Kraft nennen. Gott habe diese Kraft in die Materie gelegt, und sie müsse daher eben so, wie die andere innere Kraft, die man Schwere nenne, als ein Naturgesetz erkannt werden. Die Schwere unterscheide Musschenbroek ausdrücklich von jener anziehenden Kraft, weil die erstere im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung abnehme; die anziehende Kraft hingegen ein ganz anderes Verhältniß beobachte, ja oft in eine Zurückstoßung sich umändere, welches bey der Schwere nie statt finde. Außer diesen beyden innern Kräften der Materie gebe es aber noch eine, die Trägheitskraft heiße, vermöge welcher einem ankommenden Körper Widerstand geleistet werde. Die anziehende Kraft sey in verschiedenen Körpern gar sehr verschieden. So würden Körper, welche aus kleinsten Theilchen von bestimmter Dichtigkeit und Gestalt zusammengesetzt wären, von gewissen Substanzen stärker angezogen, als andere, oder stärker als Wasser, Quecksilber u. s. f.

Wenn Musschenbroek u) einen Tropfen Oel auf die Fläche eines glatten und reinen Glasstreifens (fig. 5.) de, welcher horizontal lag, setzte, hierauf das Ende eines andern Glasstreifens ac mit dem Ende des Glasstreifens de so verband, daß beyde Glasstreifen den Winkel cde mit einander machten, und der Oeltropfen mit dem Streifen in Berührung kam, so fieng dieser an, nach dem Winkel d sich hinzubewegen, anfänglich zwar langsam, nach und nach aber mit beschleunigter Bewegung. Wenn nämlich der Tropfen beyde Glasflächen berührt, so nimmt er die

in

u) Dissertat. physicae et mathemat. Lugd. Batav. 1729. 4. p. 347.

in der Figur vorgeſtellte Geſtalt an. Dieſer Tropf wirkt nun vermöge der Cohäſion auf die Fläche d obern Streifens nach der ſenkrechten Richtung o und auf die Fläche des untern Streifens nach der ſen rechten Richtung of; die Richtungen beyder Krä ſchließen den Winkel pof ein, mithin wird der Tro fen durch die Diagonale od getrieben werden. näher er aber nach d kommt, deſto platter und breit wird er, folglich wird die Cohäſion um ſo ſtärker wi ken, und daher die Bewegung nach der Richtung c beſtändig vermehren.

Muſſchenbroek ſtellte dieſen Verſuch mit ein ſehr großen Menge verſchiedener deſtillirten Oele a und fand, daß oft ſpecifiſch ſchwerere Oele ſich ſchnell nach dem Mittelpunkte hin bewegten, als ſpecifiſ leichtere, ja ſpecifiſch leichtere gar keine Bewegung u folglich geringe Cohäſion zeigten.

Er unterſcheidet überhaupt ſiebenerley Arten d Cohäſion, nämlich:

1. diejenige Cohäſion, welche von dem Druc der Luft auf die Körper abhängt, wie z. B. die Coh ſion der beyden Magdeburgiſchen Halbkugeln, aus we chen die Luft gezogen worden,

2. diejenige, welche von der magnetiſchen Kra herrührt. Vermöge der anziehenden Kraft cohärirte auf einander gelegte ebene Platten von Stein, Metal Glas u. ſ. f. Denn alle Theilchen, welche ſich b rührten, zögen ſich an, und die Größe der Cohäſio richte ſich bloß nach der Stärke der Anziehung Wenn die Flächen der Körper vollkommen eben, un

ohn

ohne alle Zwischenräume wären, so würden sie mit der stärksten Kraft cohäriren, indem sich alsdenn die beyden Körper in allen Punkten der Flächen berührten, und folglich Anziehung ausübten; da aber die Flächen aller Körper porös, folglich rauh wären, so könnten sich zwey über einander gelegte ebene Körper nur an gewissen Stellen berühren; mithin würde ihre Anziehung nicht die möglichst größte seyn, sondern dieser Gränze desto näher kommen, je ebener die Oberflächen wären; im Gegentheil würde die Anziehung desto geringer seyn, je größere Rauhigkeit die Flächen besäßen.

3. Die Cohäsion solcher Körper, welche durchs Feuer in einen flüssigen Zustand versetzt würden, nach dem Erkalten aber in die festeste Masse übergiengen, wie z. B. die Metalle.

4. Diejenige Cohäsion, welche der durchs Wasser erweichte Töpfer- oder Ziegelstreicherthon im Feuer zeige. Das Wasser verhindere nämlich die Anziehung der Theilchen einer solchen Masse; wenn sie aber ins Feuer gebracht und die wässerichten Theile dadurch ausgetrieben würden, so näherten sich nun die Theile vermöge ihrer anziehenden Kraft immer mehr, und fiengen eine feste Masse zu bilden an.

5. Diejenige Cohäsion, welche sich zwischen zwey festen Körpern zeige, wenn ein gewisser flüssiger oder halbflüssiger Körper, welcher entweder so bleibe, oder nachher fest werde, dazwischen komme. Körper mit rauhen Flächen cohäriren mit geringer Kraft zusammen, wegen der Unebenheiten, die sich auf den berührenden Flächen befinden, so daß also wenige Theile sich berühren können. Wenn aber eine flüssige Materie

rie auf dieſe Flächen gebracht werde, ſo würden dadurch die Unebenheiten ausgefüllt, und es müſſe daher die Cohäſion nothwendig ſtärker werden. Da aber bey verſchiedenen Körpern die auf den Flächen der feſten Körper hervorragenden Theilchen gar mancherley Geſtalten z. B. pyramidaliſche, ſphäriſche, ſphäroidiſche, prismatiſche u. ſ. beſitzen könnten, ſo erhelle daraus, daß die Cohäſion der verſchiedenen feſten Körper, bey einerley Grundfläche, und gleichem dazwiſchen gebrachten flüſſigen Mittel gar verſchieden ausfallen müſſe. Eben ſo müſſe auch eine Verſchiedenheit der Cohäſion ſtatt finden, wenn verſchiedene flüſſige Mittel auf die Flächen der feſten Körper gebracht würden. Hiebey bemerkt aber Muſſchenbroek, daß die Cohäſion in allen dieſen Fällen nicht ganz von den anziehenden Kräften, womit die Theile der flüſſigen und feſten Körper auf einander wirken, abhange, ſondern auch von dem Drucke der Luft. Er ließ aus verſchiedenen Materien Cylinder verfertigen, deren Durchmeſſer 1,916 rheinl. Zolle betrug, und die Grundflächen derſelben ſehr genau ſchleifen und poliren. Er beſtrich die Grundflächen je zweyer Cylinder von einerley Art mit erwärmtem Rindstalg, befeſtigte den obern, und riß nun den untern durch angehängte Gewichte, nach dem völligen Erkalten des Talges, ſenkrecht ab. Er nimmt dabey an, daß der Druck der Luft 41 Pfund betragen habe, und dieſen bringt er mit in Anſchlag. Da fand er dann folgende Reſultate:

Es hiengen zuſammen:

Cylin-

Cylinder von Glas	mit 130 Pf.	nach Abzug des Drucks der Luft von 41 Pfund	mit 89 Pf.
Messing — —	150 —		— 109 —
Kupfer — —	200 —		— 159 —
Silber — —	125 —		— 84 —
gehärtetem Stahl	225 —		— 184 —
weichem Eisen —	300 —		— 259 —
Zinn — —	100 —		— 59 —
Bley — —	275 —		— 234 —
Zink — —	100 —		— 59 —
Wismuth —	150 —		— 109 —
weißen Marmor	225 —		— 184 —
schwarzen Marm.	230 —		— 189 —
Elfenbein — —	108 —		— 67 —

6. Diejenige Cohäsion, durch welche in einigen Liquoren zerstreute Theilchen in eine feste Masse verbunden werden, wenn nämlich diese Liquoren in ihrer Vermischung ein Aufbrausen zuwege bringen, wie z. B. Salzgeist mit alkalischen Liquoren.

7. Diejenige Cohäsion, wodurch zwey Körper mittelst fester Nägel in ein nicht leicht zu trennendes Ganze gebracht werden können.

Es haben aber mehrere, z. B. der P. Gerdil, gegen die Annahme einer anziehenden Kraft der Theile der Körper in der Berührung Einwendungen gemacht, und vielmehr alle Phänomene der Cohäsion aus dem Drucke eines ätherischen Mittels, das alle Körper mit der größten Leichtigkeit durchdringe, zu erklären gesucht. Allein die Gründe sind so unerheblich, daß sie nicht weiter angeführt zu werden verdienen.

Die Newtonianer, selbst diejenigen, welche Newton'n entgegen der Materie wesentlich eine anziehende Kraft beygelegt hatten, erkannten sehr wohl,

daß die Cohäſion ganz andere Geſetze befolge, als Anziehung der Materie in der Entfernung, und terſchieden daher ganz richtig beyde von einander. zwiſchen erſchien im Jahr 1761 im journal des sav eine kleine Abhandlung x), in welcher zwar die Schw rigkeit bemerkt wird, welche ſich bey der Erklärung Cohäſion nach Newtonſchen Principien vorfindet; kein ſie laſſe ſich doch durch dieſe ſehr leicht beurtheil und es ſey daher gar keinem Zweifel unterworfen, d auch Cohäſion auf Newton's Grundſätzen beruh

Man habe, wird daſelbſt geſagt, Grund glauben, daß die Anziehung, welche die Planeten ihrem Laufe erhalte, und welche die Körper gegen d Mittelpunkt der Erde treibe, noch mehrere andere W kungen in der Natur hervorbringe, als die Adhäſ der flüſſigen Körper, die Härte, die Gährungen, u überhaupt alle zur Cohäſion gehörigen Phänome Man habe in der That bewieſen, daß dieſe verſchie nen Phänomene keinesweges von einem Stoße herr ren könnten, oder doch wenigſtens, daß er nicht einzige und vornehmſte Urſache ſey. Wenn man Anziehung wirklich als eine allgemeine Eigenſchaft Materie betrachte, ſo ſey es natürlich, ihr auch diejenigen Wirkungen zuzuſchreiben, die ihr analog ſi

Die Kraft, mit welcher ſich die ſchweren Kör gegen den Mittelpunkt zu bewegen ſtrebten, ſey d verkehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfern proportional; dagegen ſey aber die Kraft, mit welc ſich die körperlichen Theilchen bey der Cohäſion ve ni

x) Reflexions ſur une difficulté propoſée contre la ma re dont les Newtoniens expliquent la cohèſion des co et les autres phénomènes, qui s'y rapportent. Mai 17 p. 121 ſqq.

nigen wollten, offenbar in einem weit größern Verhältnisse. Es schiene daher, als ob beyde Kräfte nicht von ein und der nämlichen Ursache abhiengen.

Diese Schwierigkeit habe einigen Newtonianern so groß geschienen, daß, um sie zu vermeiden, sie lieber das Princip der Anziehung nur auf die himmlischen Erscheinungen einschränkten, wo es mit einer bewundernswürdigen Leichtigkeit angewandt werde. Andere aber hätten sie lieber zu heben gesucht, als einem Princip Grenzen zu setzen, dessen Allgemeinheit wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht worden sey.

In dieser Hinsicht hätten einige geglaubt, das allgemeine Gesetz der Anziehung sey nicht das des umgekehrten Verhältnisses des Quadrats, sondern das des verkehrten Verhältnisses des Quadrats und des verkehrten Verhältnisses des Würfels, oder irgend einer andern noch höhern Potenz als die des Würfels. Aber außerdem, daß diese Idee eine Annahme ohne allen Beweis sey, und daß ein solches Gesetz eine große Verwirrung hervorbringe, sey es gewiß, daß sie weder mit den Erscheinungen der Schwere, noch mit denen der Cohäsion übereinkomme.

Andere hätten zwey Gesetze der Anziehung angenommen, das eine für große Entfernungen und für die himmlischen Erscheinungen, das andere für kleine Entfernungen und für die Cohäsion; das erstere solle das verkehrte Verhältniß des Quadrats, und das andere das verkehrte des Würfels seyn. Einige Philosophen hätten zwar die Einfachheit der Naturgesetze behauptet, es sey aber gewiß, daß mehrere dieser Gesetze beträchtliche Veränderungen und Modificationen erlitten. Z. B. die Gesetze der Refraction seyen nicht einerley bey den kleinen Körperchen des Lichts und bey

größern Körpern. Die bey flüſſigen Körpern in Rü
ſicht des Drucks der Grundflächen ſtatt findenden C
ſetze ſeyen in mancherley Hinſichten von denen bey feſt
Körpern ſehr verſchieden. Auf alles dieß möchten ſi
jene Philoſophen bey der Annahme eines doppelten A
ziehungsgeſetzes geſtützt haben.

Aber wenn dieß ſtatt finde, ſo würden alle Kö
per von einer unendlich großen und vollkommenen Hä
ſeyn. Denn man könnte gar nicht zweifeln, daß b
allen Körpern ſich nicht eine große Anzahl von The
chen fände, die ſich in einigen Punkten berührten. D
ſe Theilchen würden daher bey ihrer Trennung ein
Widerſtand leiſten, welcher von keiner endlichen Kra
überwunden werden könne, und ſie würden daher ein
vollkommen harten Körper bilden.

So bleibe die Schwierigkeit, die man zu heb
ſuche, aller gemachten Verſuche ſie aufzulöſen ungeac
tet, noch immer völlig dieſelbe. Allein, wird g
fragt, ſollte ſie unauflösbar ſeyn? Wenn man bede
ke, wie viele andere Schwierigkeiten, die man gegi
Newton's Syſtem aufgeworfen habe, und weld
dem erſten Anblick nach nicht weniger groß, als dieſ
geſchienen hätten, dennoch mit der Zeit gehoben wären
ſo ſey es wahrſcheinlich, daß eben dieß mit der gege
wärtigen der Fall geweſen ſeyn würde, wenn unt
den vielen großen Geometern, die das Newtonſch
Syſtem zu vervollkommnen geſucht hätten, ſich ein
gefunden, der ſie einer beſondern Aufmerkſamke
gewürdigt hätte. Allein die meiſten wären bloß m
den himmliſchen Erſcheinungen beſchäftigt geweſen, un
hätten ſich über die gegenwärtige nicht ins Deta
eingelaſſen.

Au

Aus dem vorhin angeführten folge, daß die Kraft, welche sich bey der Cohäsion zeige, selbst bey dem Berührungspunkte noch gar wohl endlich sey; sie sey unendlich kleiner, als diejenige, welche eine Anziehung in dem verkehrten Verhältnisse des Würfels, oder jeder andern Potenz, die höher als das Quadrat ist, hervorbringen würde. Sey es daher nicht natürlich zu denken, daß eine Anziehung im bloßen verkehrten Verhältnisse des Quadrats dazu hinreiche, sie hervorzubringen? Und wenn dieß wäre, würde dann die Schwierigkeit nicht aufzulösen seyn? Die vorhin erwähnten beyden Arten von Anziehungen seyen bloß Wirkungen ein und der nämlichen Anziehung; es soll nämlich Anziehung diejenige Wirkung ausdrücken, welche der anziehende Körper auf den angezogenen ausübt. Es sey aber gewiß, daß die Wirkungen ein und der nämlichen Ursache in ihren Verhältnissen verschieden seyn können, ohne daß selbst die Ursache in ihrem Gesetze eine Aenderung erleide. Gewisse besondere Umstände verursachten, daß die Wirkung der Ursache bald einfacher, bald verwickelter erfolge; daß die Dauer derselben bald verlängert, bald verkürzt werde. So geschehe es, daß beym Stoße der Körper eine und dieselbe bewegende Kraft ihrer Natur nach entweder Hindernisse, welche sie zu überwinden habe, oder der Zeit und Art nach, wie sie angewendet sey, Wirkungen hervorbringe, die sich bald wie die einfachen Geschwindigkeiten, bald wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten. Warum könnte es nicht eben so bey der Anziehung seyn? Warum könnte diese Kraft, indem sie beständig ein und das nämliche Gesetz befolge, nicht Wirkungen von verschiedenen Verhältnissen zu Stande bringen, indem durch die Dazwischenkunft einiger be-

ſondern Umſtände ihre Wirkung auf eine verſchiede
Art modificirt werde?

Allgemein betrachtet ſchiene es daher nicht u
möglich, daß die Kraft, die man bey der Cohäſio
wahrnehme, und die der Schwere, in ſo verſchieden
Verhältniſſen ſie auch zu wirken ſchienen, denno
durch einerley Anziehung, die nach dem verkehrte
Verhältniſſe des Quadrats wirke, hervorgebracht wü
den. Um ſich von der Wahrheit dieſer Sache zu übe
zeugen, müßte man in ein größeres Detail gehe
Es ſind aber hier nur einige Umſtände angeführt wo
den, nach welchen die Anziehung nach dem verkehrte
Verhältniſſe des Quadrats bey der Cohäſion ein vi
größeres Verhältniß, als bey den Planeten, hervo
bringen ſoll.

Der erſte merkwürdige Umſtand ſey die außero
dentliche Feinheit der Theilchen, zwiſchen welchen d
Anziehung bey der Cohäſion wirke. Es ſey (fig. 6.)
eine ſphäriſche Oberfläche, oder eine hohle Kugel vo
der möglichſt kleinſten Dicke, und p ein in einiger En
fernung auf die Verlängerung des Diameters a p g
ſetztes Körperchen. Setzt man nun voraus, daß jede
unendlich kleine Theilchen der Kugel, d, o u. ſ. au
das Körperchen eine ſolche Anziehung ausübe, welche i
verkehrten Verhältniſſe des Quadrats vom Körperche
iſt, ſo folge aus prop. 71. Lib. I. princip. *Newton.*
daß dieſes Körperchen nach dem Mittelpunkte der Ku
gel mit einer Kraft getrieben werde, die dem Quadrat
der Entfernung von dieſem Mittelpunkte umgekehr
proportional ſey. Wenn ſich nun zwey oder mehrer
Theilchen d, o, u. ſ. in eine kleine Maſſe vereinigten
und dieſe ganz allein auf das Körperchen p wirke, ſ
wer

werde sie ihm eine verhältnißmäßig größere Kraft, als diejenige, die er von der ganzen Kugel erhielt, mittheilen. Man nehme auf demselben großen Cirkel adbo auf beyden Seiten des Diameters ab und in gleichen Entfernungen zwey gleiche Theilchen d und o an, und setze die anziehende Wirkung des Theilchens d = der kleinen Linie pg, und die des Theilchens o = der kleinen Linie pe = pg; alsdenn sey die Kraft, womit das Körperchen p gegen den Mittelpunkt c vermöge dieser beyden Wirkungen getrieben werde, = der Diagonale pt, und diese Kraft sey alsdenn derjenigen proportional, womit er gegen denselben Mittelpunkt vermöge der Anziehung der ganzen Kugel getrieben werde. Man habe also nur noch zu erweisen, daß, wenn diese beyden Theilchen sich in eine kleine Masse vereinigten, und diese allein auf das Körperchen p wirkte, sie ihm eine größere Kraft als pt mittheilen werde. Dieß scheine aber an und für sich offenbar; denn wenn z. B. das Theilchen o sich mit dem Theilchen d vereinigen wolle, so verschwinde der Winkel dpo gänzlich, die Kräfte pg, pe hörten auf schief auf einander zu wirken, und die Kraft, womit das Körperchen getrieben werde, werde nicht mehr pt, sondern pg + ge oder 2pg > pt seyn. Hieraus folge nun allgemein: ein Theilchen, das ein anderes nach einem gewissen Gesetze anziehe, müsse in demselben eine verhältnißmäßig größere Kraft hervorbringen, als ein Körper von einem beträchtlichen Volumen hervorbringen würde, der es nach demselben Gesetze anzöge. Wegen der außerordentlichen Kleinheit der Theilchen, zwischen welchen die Anziehung bey den Cohäsionen wirke, könne also die Kraft, die man dabey wahrnehme, verhältnißmäßig weit größer seyn, als diejenige, die man bey den größern Planetenkörpern beobach-

te, ohnerachtet die Anziehung in beyden Fällen demſelben Geſetze des Quadrats der Entfernung folge.

Ein anderer merkwürdiger Umſtand ſey die gegenſeitige Wirkung der Anziehung, die bey den Planeten beynahe Null ſey, und dieſe müſſe ſehr beträchtlich und ſehr merklich bey der Cohäſion ſeyn. Jeder Körper, der einen andern anziehe, werde auch zugleich von dieſem angezogen, und dieß bringe nothwendig zwiſchen den beyden Körpern eine Vermehrung der Kraft hervor, ſich einander zu nähern, oder ſich mit einander zu vereinigen. Dieſe Vermehrung der Kraft könne aber nicht zwiſchen Körpern ſtatt finden, deren Maſſen ſehr von einander verſchieden wären; denn da die Anziehung in gleichen Entfernungen im Verhältniſſe der Maſſen wirke, ſo werde ein Körper, deſſen Maſſe ſehr klein ſey, auch nur eine ſehr geringe, oder beynahe keine Wirkung auf den andern ausüben, deſſen Maſſe ſehr groß ſey. Dieſe Vermehrung der Kraft müſſe aber bey ſehr großen Entfernungen wirklich ſtatt finden, ſie ſey aber alsdenn ganz unmerklich, und könne folglich als Null angeſehen werden; denn ſie könne ſich nur durch die Vermehrung der Geſchwindigkeit zeigen, womit die Körper gegen einander getrieben würden, oder welches einerley ſey, durch die Vergrößerung des Raumes, worin ſie ſich in einer gegebenen Zeit einander näherten. Nun aber ſey offenbar, daß, je größer die Diſtanz ſey, die die beyden Körper trenne, deſto kleiner auch die merkliche Vermehrung des Raumes ſey, und daß bey großen Entfernungen ſie völlig = Null werde.

Dieſe beyden Urſachen mit einander verbunden verhinderten es, daß man zwiſchen der Sonne und den Planeten keine Vermehrung der Kraft antreffe,

die

die man ihrer gegenseitigen Anziehung zuschreiben könne. Allein bey der Cohäsion müßten gerade entgegengesetzte Ursachen eine beträchtliche und besonders eine sehr merkliche Vermehrung der Kraft hervorbringen. Denn da die Theilchen, welche sich bey diesen Erscheinungen anzögen, beynahe einander gleich wären, so werde die Kraft, womit sie sich einander näherten, und sich mit einander vereinigten, wegen ihrer gegenseitigen Anziehung doppelt so groß, als sie ohne diese Anziehung seyn würde; und bey sehr geringen Entfernungen, worin diese Erscheinungen erfolgten, werde die geringste Vermehrung der Geschwindigkeit, oder welches hier einerley sey, die geringste Vermehrung der Kraft sehr merklich und beträchtlich. Dieß sey also wieder ein Umstand, welcher es veranlassen könne, daß die Anziehung, wenn sie auch beständig nach dem Gesetze des Quadrats wirke, bey der Cohäsion dennoch eine weit größere, wenigstens merklich größere hervorbringen könne, als diejenige sey, welche sie bey den Planeten hervorbringe.

Ein dritter Umstand, der vorzüglich die Erscheinungen der Dauer angehe, sey der, daß, anstatt daß die Planeten nur nach dem Mittelpunkte hin getrieben würden, die Theilchen ein und desselben Körpers sowohl durch eine ähnliche Anziehung, als durch den Druck der andern Theilchen gegen den Mittelpunkt getrieben würden. Es sey nämlich (fig. 7.) eine feste Kugel, welche man in verschiedene concentrische sich berührende Oberflächen abcd, peqf u. f. eingetheilt annehme. Stelle man sich nun ein Theilchen p vor, welches im Innern der Kugel in irgend einer Fläche seine Lage habe, so habe Newton prop. 70. 72 und 73. Lib. I. erwiesen, daß bey der Hypothese des Ge-

ſetzes des Quadrats der Entfernung die Kraft, womi dieß Körperchen gegen den Mittelpunkt ſ der Sonn getrieben werde, der Entfernung pſ des Mittelpunk tes proportional ſeyn werde, woraus ſehr leicht zu er ſehen ſey, daß die entfernteſten Theilchen vom Mittel punkte ſtärker angezogen würden, als die nähern.

Hieraus folge dann 1. daß die äußern Theilchen nach den Regeln der Mittheilung der Bewegung den innern das Uebermaaß ihrer Kräfte mittheilen würden, und daß folglich in dieſen Theilchen die Kraft, welche ſie durch die Anziehung des Mittelpunktes erlangten, zunehmen werde, 2. die Vermehrungen der Kraft, welche die innern Theile erhielten, müßten nicht verlohren gehen, ſondern im Gegentheil ſich erhalten, und unabläſſig gegen den Mittelpunkt hin ſtärker werden; denn a. wirkten Anziehung des Mittelpunktes und der Druck der äußern Theilchen beſtändig, und b. die Kräfte, welche von den entgegengeſetzten Theilen herkämen, als von a und b, und ſich ebenfalls bis zum Mittelpunkte erſtreckten, wirkten nicht gegen einander, und könnten ſich folglich nicht aufheben. Es ſcheine daher, daß wegen dieſes Umſtandes die Kraft, welche die Theilchen der harten Körper beſäßen, um ſich mit einander zu verbinden, nicht nur größer ſeyn müſſe, als die der Planeten, ſondern daß ſie nach einiger Zeit unendlich groß werden müſſe, ohnerachtet ſie eigentlich von derſelben Anziehung im verkehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung abhange.

Verbinde man nun dieſe verſchiedenen Umſtände mit einander, und ſetze dazu noch andere, entweder von dieſen abhängende oder analoge; habe man außerdem bey den Erſcheinungen der Härte auf die Rauhigkeit der Oberflächen Acht, welche allein es verhindern

würs

würde, daß die Theilchen sich sehr leicht trennten; und erwäge man, daß, wie auch das Gesetz beschaffen seyn möge, wovon die Kraft abhange, die man bey diesen Erscheinungen wahrnehme, es doch in keinem Verhältnisse einer höhern Potenz, als des Quadrats, seyn könne; so schiene man Grund genug zu haben, daß dieß Gesetz eben das des Quadrats sey.

Man könne zwar den Einwurf machen, daß die Kraft, welche man bey der Cohäsion wahrnehme, im Berührungspunkte größer sey, als in der kleinsten Entfernung dieses Punktes, und daß nach Newton prop. 85. Lib. I. dieß nicht so seyn müsse, wenn diese Kraft die Wirkung einer Anziehung im verkehrten Verhältnisse des Quadrats wäre. Allein dieser 85te Satz beziehe sich auf prop. 70. 71. und 74. worin Newton nicht auf besondere Umstände Rücksicht nehme, welche bey der Cohäsion besonders im Berührungspunkte die Kraft vergrößern könnten, die eigentlich zuerst von der Anziehung abstamme, und es folge nicht hieraus, daß die Kraft im Berührungspunkte nicht größer seyn könne, als in der geringsten Entfernung von diesem Punkte, ohnerachtet die erste und hauptsächlichste Ursache, wovon sie abhange, eine Anziehung im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung sey.

Diese Bemerkungen, welche ich vorzüglich deßwegen ausführlich erzählt habe, weil sie vor einigen Jahren als etwas neues eben zu der Absicht, um die hieher gehörige Schwierigkeit bey der Cohäsion zu heben, vom D. Murhard y) dem Publicum mitgetheilt worden sind, befriedigen aber keinesweges. Denn es

y) Gren neues Journal der Physik. B. IV. S. 83. u. f.

es müßte offenbar hiernach folgen, daß ſich die Cohäſion nach der Dichtigkeit der Materie richte, welches aber ſchon durch Muſſchenbroeks Verſuche widerlegt iſt. Ueberhaupt kommt es bey den meiſten Erſcheinungen, die ſich auf die Cohäſion gründen, nicht auf die Menge der Materie an; vielmehr wirken ſchon diejenigen Materien, welche in Berührung kommen, chemiſch auf einander, und es kann daher die Kraft, mit welcher ſie ſich unter einander anziehen, nicht, wie bey den Planeten, mechaniſch, ſondern ſie muß chemiſch geſchätzt werden. Dieß iſt der Grund, warum die wahren Geſetze der Cohäſion nicht ſo leicht zu entdecken ſind, als es die der allgemeinen Schwere geweſen ſind.

Die Carteſianer hatten die Elaſticität der Körper durch eine durchſtrömende flüſſige feine Materie zu erklären geſucht. Allein Muſſchenbroek [z]) ſetzte allen ſolchen Erklärungen das entgegen, daß eine feine Materie doch nur nach Einer Richtung durchſtrömen werde. Werde nun ein Körper ſo gebogen, daß die Gänge deſſelben enger würden, wo die feine Materie durchgehen ſoll, ſo ließe ſich wohl gedenken, daß ſie gegen die Wände drucke, und dem Körper Federkraft gebe; beuge man ihn aber nach der andern Seite, ſo würden die Gänge da weiter, wo die flüſſige Materie ausgehe, und hier ſey nicht mehr einzuſehen, wie ſie einen Druck gegen die Seitenwände ausüben und dadurch Federkraft bewirken ſolle. Gleichwohl zeige aber eine elaſtiſche Stange Federkraft, man möge ſie nach der einen oder nach der andern Seite, oder überhaupt nach allen möglichen Richtungen beugen. Aber eine

z) Introductio ad philoſophiam naturalem. T. I. §. 767.

eine Bewegung der feinen Materie nach allen möglichen Richtungen lasse sich gar nicht gedenken. Er unterscheidet übrigens die Federkraft der festen Körper sorgfältig von der Elasticität der Luft. Von der erstern vermuthet er mit andern Physikern, daß sie von den verschiedenen Gestalten der kleinsten Theilchen und ihrem Zusammenhange unter einander abhängen möge. Die Ursache der Elasticität der Luft aber setzt er mit Newton in eine Repulsionskraft, bemerkt jedoch dabey, daß diese Kraft eine gewisse Ursache voraussetze; ob nun diese die Elektricität, oder irgend ein anderes Princip sey, wüßten wir nicht; es wäre daher genug, bey dem Satze stehen zu bleiben, daß die Luft wirklich elastisch sey.

Johann Bernoulli [a]) leitet die Elasticität der Körper überhaupt von einer sehr zarten in den innersten Zwischenräumen eingeschlossenen sehr feinen flüssigen Materie ab. Er behauptet nämlich, daß diese feine Materie im Wirbel kreisförmig herumgetrieben werde, und dadurch eine Schwungkraft erhalte, welche die körperlichen Theilchen ausdehne. Diese Idee gab Eulern [b]) Veranlassung, die Elasticität der Luft auf folgende Art zu erklären: Er setzt voraus, die Luft bestehe aus einer unzählbaren Menge hohler Kügelchen, in welchen die subtile Materie eingeschlossen sey. Je schneller nun in einem solchen Kügelchen die Materie an dessen Oberfläche im Wirbel umlaufe, desto stärker suche sich dasselbe auszubreiten. Um den Mittelpunkt eines jeden Kügelchens nimmt er einen leeren Raum

a) Addition au discours sur les loix de la communication du mouvement. in Opp. T. III. p. 81.

b) Tentamen explicationis phaenomenorum aëris in comment. Petrop. T. II. p. 347 sqq.

Raum an, welcher deſto kleiner wird, je ſtärker da Kügelchen durch eine äußere Kraft zuſammengedruc wird; und wenn dieſer Raum verſchwindet, ſo hat d Luft den höchſten Grad der Elaſticität, und die Zu ſammendrückung läßt ſich nun nicht weiter treiben. Eu ler bauet hierauf Rechnungen, aus welchen er ein Gleichung zwiſchen der Dichtigkeit und Elaſticität de Luft herleitet, die mit der Erfahrung ſehr gut zuſam menſtimmt. — Hieraus folgt aber doch noch nicht daß Eulers willkührlich angenommene Hypothe die wahre phyſiſche Urſache ausdrücke. —

Daniel Bernoulli c) ſucht die Hypotheſe daß die Elaſticität flüſſiger Materien in einer ſehr ſchnellen Bewegung aller ihrer Theilchen nach alle möglichen Richtungen beſtehe, zur Erklärung der Er ſcheinungen anzuwenden. Man ſtelle ſich, ſagt er ein hohles cylindriſches Gefäß vor, das mit einen beweglichen und mit einem Gewicht beſchwerten Decke verſehen iſt; dieſer hohle Cylinder enthalte eine Meng Theilchen der feinen flüſſigen Materie. Durch beſtän dig wiederholte Stöße der Theilchen wird nun dieſe Deckel im Cylinder auf einer gewiſſen Höhe erhalten Die Theilchen werden den Deckel höher erheben, wenn man das Gewicht, womit er beſchwert iſt, vermin dert; wenn man es aber vermehrt, wird der Decke ſinken, und die Theilchen in einen engern Raum zu ſammendrucken. Die Elaſticität wird aber hiebey au eine doppelte Art vermehrt werden, einmal weil di Anzahl der Theilchen in Betrachtung des nunmehr klei nern Raums größer wird, das anderemal weil jedes Theilchen nun öfters an den Deckel ſtößt. Aus dieſer

Vor

c) Hydrodynamica. ſect. X. de affectionibus atque motibus fluidorum elaſticorum.

Voraussetzungen beweißt Bernoulli durch Rechnung, daß sich die Räume, welche eine elastische flüssige Materie, die sich ohne Ende zusammendrucken läßt, einnimmt, umgekehrt, wie die zusammendruckenden Kräfte, verhalten müssen. Dieß Gesetz, sagt er, finde mit Gewißheit bey derjenigen Luft statt, welche dünner, als die atmosphärische Luft, sey; ob es aber auch in einer weit dichtern Luft anwendbar sey, darüber habe er noch keine hinreichende Erfahrungen. Inzwischen, fährt er fort, werde die Elasticität der flüssigen Materie nicht allein durch die Zusammendruckung vermehrt, sondern auch durch die Wärme; durch diese werde nämlich die Geschwindigkeit der Theilchen vergrößert. Endlich findet er, daß sich die Elasticität, wie das Quadrat der Geschwindigkeit verhalten müsse, weil bey vermehrter Geschwindigkeit die Anzahl der Schläge und die Stärke derselben in gleichem Verhältnisse wachsen müssen. Je mehr Theilchen sich ferner in einem gleichen Raume befinden, desto größer muß auch die Summe der Vermehrungen der Geschwindigkeiten seyn, also muß das Wachsthum der Elasticität der Luft bey gleichen Vermehrungen der Wärme den Dichtigkeiten der Luft proportional seyn. Auch dieß Gesetz findet er mit der Erfahrung übereinstimmend.

Ueber das Zerspringen der sogenannten batavischen Glastropfen hat Bosc d'Antic [d]) wiederholte Versuche gemacht. Die kleinen Bläschen, welche man gewöhnlich in selbigen wahrnimmt, hält er für nichts weiter, als eine in Dämpfe aufgelöfete Glasgalle.

In diesem Zeitraume wurden auch von Bologna aus die sogenannten Bologneser Flaschen, oder Springkolben, welche mit den Glastropfen viele Aehnlichkeit ha-

d) Mémoires presentés etc. T. IV.

haben, bekannt. Sie ſind kleine gläſerne ziemli dicke birnförmige Kolben von weißem oder grüne Glaſe, welche wie andere Gläſer geblaſen, aber nic in dem Kühlofen allmählig, ſondern in freyer Lu nahe am Ofen etwas ſchneller abgekühlt werden. Wen durch ihre Oeſnung das kleinſte ſcharfe Feuerſteinche oder ein ſehr kleiner Diamant u. d. gl. hineinfällt, zerſpringen ſie, wie die Glastropfen, in kleine Stüc chen. Außer den Verſuchen, welche mit dieſen Sprin kolben im Bononiſchen Inſtitute [e]) angeſtellt worde ſind, hat vorzüglich dergleichen auch Hanow [f]) z Danzig gemacht. Schon in den erſten Verſuchen fan man, daß auf dieſe Kolben von außen mit einem Han mer geſchlagen werden konnte, ohne daß ſie zerſpringen wenn aber der kleinſte ſcharfe Körper hineingeworfe ward, ſo zerſprangen ſie augenblicklich. Wurden ſi hingegen auf Kohlen geglüht, und nachher allmählic abgekühlt, ſo fand gar kein Zerſpringen mehr ſtatt und wenn noch ſo ſcharfe kleine Körperchen hineinge worfen wurden. Auch hat ſchon ganz richtig ein Un genannter [g]) die Urſache dieſer Erſcheinung in der durc das ſchnelle Abkühlen des Glaſes vermehrten Elaſtici tät angeführt.

Ueber die merkwürdigen Erſcheinungen der Haar röhrchen ſind die Verſuche in dieſem Zeitraume unge meh

e) Comment. inſtitut. bonon. T. II. P. I. p. 321. 328.

f) Verſuche der Danziger naturforſch. Geſellſchaft. Th. I S. 534, Th. III. S. 328.

g) De phialis vitreis ex minimi filicis caſu diſſilientibu acroaſis, experimentis et animadverſionibus illuſtrata Patavii 1734. 4.

mein vervielfältigt worden. Bülfinger h) fand, daß ein Haarröhrchen gerade so viel Wasser anzieht und erhält, als der größte Tropfen ausmacht, der auswendig an dem Röhrchen, ohne herabzufallen, hängen kann, und daß in trocknen Röhrchen das Wasser zuerst am Rande, nicht in der Mitte hinaufsteige. In Ansehung der Erklärung giebt er Jurin (Th. III. S. 310.) völligen Beyfall.

Musschenbroek i) hat noch mehrere Versuche mit Harröhrchen angestellt. Zuerst bemerkt er, daß die Phänomene der Haarröhrchen, welche den bekannten hydrostatischen Gesetzen ganz entgegen wären, bey Beurtheilung der wichtigsten Naturoperationen eine vorzügliche Aufmerksamkeit verdienten. In dieser Absicht hätten auch schon Mehrere Untersuchungen darüber angestellt, und daraus das Aufsteigen des Nahrungssaftes in den zarten röhrenartigen Fasern der Gewächse bis zum Gipfel und die Einsaugungen und Auswürfe der Säfte und Flüssigkeiten in den absorbirenden Gefäßen der lebenden thierischen Körper u. s. w. zu erklären gesucht. So richtig man aber dieß eingesehen habe, so habe man doch bisher eine ganz verkehrte Methode bey diesen Untersuchungen beobachtet, indem man sie mehr gewissen festgesetzten Hypothesen angepaßt, als nach richtig angestellten Versuchen abgemessen hätte. Daher sey es auch gekommen, daß von diesen Erscheinungen so viele willkührlich angenommene Ursachen entstanden wären.

h) Diss. de tubulis capillaribus in comment. Petropol. T. II. p. 233. und in den Anmerk. über Jurin's Abhandl. ebendas. T. III. p. 281 sqq.

i) Diss. physica experim. de tubulis capillaribus in s. dissert. phys. et mathem. p. 271 sqq.

wären. Dieß genau erwogen habe ihn veranlaßt, i
ſen Gegenſtand etwas genauer zu unterſuchen, u
dabey die ſicherſte und beſte Methode bey der Betre
tung der natürlichen Dinge in Ausübung zu bring
nämlich zuerſt genaue und hinreichende Verſuche
zuſtellen, und von dieſen auf die Urſache der Erſc
nungen zurückzugehen.

Muſſchenbroek fand, daß in einem Ha
röhrchen von $3\frac{1}{2}$ Fuß Länge, deſſen innere Hölung n
dicker als ein Menſchenhaar war, das Waſſer auf
Zoll aufſtieg; nachdem er dieſe Röhre bis auf 2 Z
verkürzt hatte, ſtieg das Waſſer bis auf $12\frac{1}{2}$ Zoll h
In einem andern Haarröhrchen von $\frac{1}{10}$ Lin. im Du
meſſer der Oefnung und 3 Zoll Länge ſtieg das Wa
auf $2\frac{1}{1}\frac{1}{2}$ Zoll; nachdem es bis auf $2\frac{3}{4}$ Zoll Länge
kürzt war, erhob ſich das Waſſer bis auf 2 Zoll $8\frac{1}{2}$
nie; wiederum bis zur Länge von $2\frac{1}{2}$ Zoll verki
ſtieg es auf 2 Zoll $8\frac{1}{2}$ Linie, und endlich in der 2
langen Röhre bis an die oberſte Oefnung. Aus di
und noch mehreren Verſuchen ſchließt Muſſch
broek gegen Carré, daß das Waſſer in lan
Röhren höher ſtehe, als in kürzern von gleichem Du
meſſer der Oefnung. Er wundert ſich, daß Ca
die Beobachtungen von Honoratus Fabri
Sturm nicht zu Rathe gezogen habe, welche wa
genommen hätten, daß das Waſſer in Haarröhrc
ſich deſto höher über die Oberfläche des Waſſers er
ben habe, je höher ſie über ſelbige hervorgeragt
ten. — Allein in Muſſchenbroeks Verſuchen
die angeführten Unterſchiede ſo gering, daß nichts
verläſſiges daraus gefolgert werden kann. — Ju
ſen zieht Muſſchenbroek daraus die Folge, daß
Urſache dieſer Erſcheinung in der ganzen Länge

Rö

Röhre verbreitet sey; je länger nämlich das Haarröhrchen sey, desto größer sey die wirkende Ursache, welche das Wasser erhebe; es wirke daher diese Kraft in einer beträchtlichen Entfernung. — Allein wenn dieß wirklich die Ursache wäre, so müßte die Dicke der Röhrchen mit in Betrachtung kommen, welche aber auf das Resultat der Versuche nicht den geringsten Einfluß hat. —

In einer Glasröhre von $\frac{1}{3}$ rheinl. Linie Durchmesser und 43 Linien Länge stiegen verschiedene Flüssigkeiten auf folgende Höhen:

Wasser -	26 Lin.	Vitriolöl - - -	26-27 Lin.
Alkohol -	18-19-	Rüböl - - -	21 -
Weinsteinöl	25-26-	Urin ein. ges. Menschen	33-34 -
Salpetergeist	20 -	Salmiakgeist - -	30-33 -

Aus diesen Versuchen bestätigte er Carre's Satz, daß sich die Höhen, auf welche verschiedene Flüssigkeiten in einerley Haarröhrchen steigen, nicht wie die specifischen Gewichte der Liquoren verhalten.

Ueberdem fand Musschenbroek[k]), daß auch die Beschaffenheit des Glases auf die Höhe, zu welcher einerley Flüssigkeit in Haarröhrchen von einerley Durchmesser steigt, Einfluß haben könne. So stiegen in Haarröhrchen von gleichem Durchmesser aus holländischem Flaschenglase:

Destillirtes Wasser - -	3,40	Zoll rheinl.
Liquor anodynus - -	1,40	— —
Alkohol - - -	1,80	— —
Aetzender Salmiakgeist -	3,60	— —
Luftsaurer Salmiakgeist -	4,56	— —

Sal-

k) Introd. ad philosoph. natural. T. I. p. 343.

Salpetergeiſt - -	2,07	Zoll rheinl
Salzgeiſt - - -	2,07	— —
Vitriolgeiſt - - -	3,25	— —
Vitriolöl - - -	1,30	— —
Terpentinöl - - -	2,58	— —

In Haarröhrchen von demſelben Durchmeſſe aber aus andern Glasarten, waren die reſpectiven Hö hen dieſer Liquoren größer und kleiner.

Warum das Queckſilber im Haarröhrchen ni driger, als außen im Gefäße, ſtehe, erklärt ſcho Hamberger [1]) richtiger, als ſeine Vorgänger: d Theile des Queckſilbers cohärirten nämlich unter ſic und es könnten daher keine Queckſilbertheile in da Haarröhrchen eindringen, bis dieſe Cohäſion durch d trennende Kraft überwunden ſey. Da nun das Quec ſilber dem Glaſe nicht adhärire, ſo könne das Ei dringen des Queckſilbers in das Haarröhrchen dur nichts weiter bewirkt werden, als durch den Druck d das Röhrchen umgebenden Queckſilbers. Soll ab dieſer Druck die Cohäſion der Queckſilbertheilchen übe winden, ſo müſſe er gerade ſo groß oder noch etwc größer ſeyn, als das Gewicht eines Queckſilbertro fens; es werde folglich das Queckſilber nicht eher i das Haarröhrchen dringen können, als bis es ſo we eingetaucht ſey, daß das Gewicht einer Queckſilbe ſäule, welche wegen des äußern Drucks in das Haa röhrchen dringen ſollte, etwas größer iſt, als das G wicht eines Queckſilbertropfens; denn alsdenn erſt we de das Gewicht derjenigen Queckſilberſäule, welche d Oefnung des Haarröhrchens niederwärts drucke, etwc größer, als die Cohäſion der Queckſilbertheile, ſey Hieraus folgert Hamberger:

1) Elementa Phyſices. §. 171. ſchol. 1. 2.

1. daß an der Höhe des Queckſilbers im Haarröhrchen beſtändig gleich viel fehlen müſſe, man möge es ſo tief eintauchen, als man wolle.

2. Daß, je enger das Haarröhrchen ſey, das Queckſilber deſto tiefer ſtehe; denn je enger ein Cylinder ſey, eine deſto größere Höhe müſſe er beſitzen, wenn er der Capacität eines Queckſilbertropfens gleich ſeyn ſolle. Muſſchenbroek ſchließt noch aus ſeinen Verſuchen, daß in dieſem Falle die Höhe des Queckſilbers außerhalb des Haarröhrchens zu der in demſelben ſich umgekehrt wie die Durchmeſſer der Haarröhrchen verhalten. Die Durchmeſſer ſeiner Röhrchen verhielten ſich nämlich wie 50 zu 7 d. i. beynahe wie 7 zu 1; und die von ihm beobachteten Unterſchiede der Höhen des Queckſilbers im Gefäße und Haarröhrchen waren 2 und 14 Linien, alſo wie 1:7, deren umgekehrtes Verhältniß wie 7:1 iſt [m]).

Unter allen aber hat Joſias Weitbrecht [n]) die ſchätzbarſten Bemerkungen und Verſuche über dieſen Gegenſtand gemacht. Die nächſte Urſache dieſer Erſcheinung leitet er von der Anziehung des Glaſes, und der gegenſeitigen Cohäſionskraft der Waſſertheilchen her, indem er vorausſetzt, daß die Cohäſion geringer, als jene Anziehung ſey. Seiner Vorſtellung zu Folge müſſe man ſich das Waſſer, welches das Haarröhrchen enthalte, in zwey Theile getheilt denken, wovon der eine Theil eine Waſſerſäule ſey, welche in der Mitte des Röhrchens hange, der andere Theil aber eine Waſſerröhre von einer geringen und allent-

m) Diſſ. phyſ. et mathemat. p. 303.

n) Tentamen theoriae, qua aſcenſus aquae in tubis capillaribus explicatur in comment. Petrop. T. VIII. p. 261.

allenthalben gleichen Dicke, welche jenen Waſſercy
der umgebe, und an der innern Wand des Haarrö
chens hange. Nun zeigt er, daß der Waſſercylin
bloß mit dem äußerſten Waſſerringe der Waſſerrö
cohärirend ſey, welcher Waſſerring von der anziehen
Kraft des Glaſes im Haarröhrchen erhalten wer
ſo wie der übrige Theil der Waſſerröhre von der F
che des Haarröhrchens gehalten werde. Das Auf
gen des Waſſers in den Haarröhrchen leitet er von
ſtufenweiſe wirkenden anziehenden Kraft der gan
innern Glasfläche und von dem Zuſammenhange
Waſſertheilchen auf dieſe Art her: Der unterſte R
der Glasröhre, indem er die Fläche des Waſſers
rührt, zieht den erſten Ring der erwähnten Wa
röhre an, welchem die erſte Schicht des Waſſercy
ders vermöge der Cohäſion folgt; der nächſtfolge
Ring der Glasröhre ergreift den Rand dieſer er
Schicht des Waſſercylinders, und bildet nun den
dern Ring der Waſſerröhre; da nun auf ſolche
die erſte Waſſerſchicht höher erhoben wird, ſo z
ſie zugleich vermöge der Cohäſion die andere Wa
ſchicht des Waſſercylinders nach ſich. Auf dieſe A
ſe erheben ſich immer mehrere Waſſerſchichten, bis
ſo viel Waſſer erhoben hat, als die Röhre zu erha
vermögend iſt.

Weitbrecht prüft auch einige Verſuche, w
che dem erſten Anſcheine nach mit ſeiner Theorie n
zuſammenzuſtimmen ſcheinen. Er bringt ſie vorzüg
auf drey Claſſen, deren erſte die cylindriſchen Rö
chen, die andere die koniſchen und die dritte die hel
förmigen enthält. In Anſehung der cylindriſchen R
ren bemerkt er, daß in ein und demſelben Röhrc
das Waſſer auf ein und dieſelbe Höhe erhoben wer

das Wasser möge entweder durch dazwischen liegende Luftbläschen unterbrochen seyn, oder nicht; alles dieß folge nicht allein aus seiner Theorie, sondern die Versuche zeigten es auch. Wenn daher gewisse Versuche diesem Gesetze entgegen wären, so müsse nothwendig eine äußere Ursache mitwirken. Ferner prüft er Musschenbroeks Meynung, daß nämlich das Wasser in solchen Haarröhren, welche bey gleichem Durchmesser der Oefnung eine größere Höhe besitzen, auch höher steige, als in niedrigeren, und daß die Ursache der Erhaltung des Wassers in der ganzen Länge der Röhre verbreitet sey. Denn wäre diese Ursache wirklich wahr, so würde seine Theorie völlig umgestoßen werden. Er führt aber nicht allein die Versuche von Carre und Bülfinger, sondern auch seine eigenen an, aus welchen ohne allem Zweifel erhellt, daß die Höhe, auf welche sich das Wasser erhebt, keinesweges von der Länge der Haarröhrchen abhange. Ueberdem zeigt Weitbrecht, daß selbst Musschenbroeks Versuche mit sich nicht wohl bestehen können. Was ferner diejenigen Röhrchen betrifft, welche verschiedene Durchmesser der Oefnungen besitzen, so beweißt er, daß die anziehende Kraft desto größer sey, je enger die Röhrchen sind, daß folglich das Wasser in diesen höher steigen müsse, als in weitern Haarröhrchen, und daß die Höhe des Wassers beständig von dem Durchmesser derjenigen Peripherie abhange, mit welcher die höchste Oberfläche desselben zunächst adhäriret.

Gellert°) fand das geschmolzene Bley, so wie das Quecksilber, in gläsernen und irdenen Haarröhrchen

o) Diss de phaenomenis plumbi fusi in tubis capillaribus. Comment. Petropol. T. XII. p. 293.

chen niedriger als von außen. Dieſe Erſcheinung klärt er ganz richtig daraus, daß die Theile des ſchmolzenen Bleyes unter ſich ſtärker zuſammenhäng als ſie vom Glaſe und Thone angezogen werden. Hi aus beweißt er mit Hülfe der Rechnung, daß ſich Tiefe unter der äußern Horizontalebene verkehrt, u die Durchmeſſer der Röhrchen, verhalte. Auch ha Gellert[p]) den Einfall, mit prismatiſchen Haarrö chen Verſuche anzuſtellen. Er fand, wie ſich ſch aus der Analogie der cylindriſchen Haarröhrchen ſchl ßen ließ, daß das Waſſer in ſolchen Haarröhrch deſto höher ſtieg, je enger ſie waren, und daß ſich Höhen umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Grun flächen verhielten.

Der P. Gerdil[q]) iſt mit den Erklärungen d Haarröhrchen durchs Anziehen nicht zufrieden, w man ſich darunter gar keine Vorſtellung von einer m chaniſchen Urſache machen könne. Vielmehr nimmt den Druck der Luft als eine der vorzüglichſten wirke den Urſachen dieſer Erſcheinungen an. Wenn ma ſagt er, auch einwenden wollte, daß alle Phänome der Haarröhrchen im luftleeren Raume eben ſo gu wie im luftvollen, erfolgten, ſo wären doch alle die Erfahrungen bloß im luftleeren Raume der Luftpum gemacht worden, und es ſey bekannt, daß dieſer kei vollkommene Leere wäre. Die zurückgebliebene Lu beſitze noch Kraft genug, um eine beträchtliche Wi kung hervorzubringen. Allein außer der im Recipie ten zurückgebliebenen Luft gebe es noch eine flüſſig Mat

p) Diſſ. de tubis capillaribus priſmaticio. ibid. p. 302.

q) Diſſ. ſur l'incompabilité de l'attraction et de ſes diffe rentes loix, avec les phénomènes et ſur les tuyaux ca pillaires. à Paris 1754. 12.

Materie, welche viel feiner, als die Luft wäre, und welche einen großen Einfluß bey Hervorbringung der Wirkungen im luftleeren Raume haben könnte. Die Existenz einer solchen Flüssigkeit sey aber bewiesen 1. durch Erfahrungen an elektrischen Versuchen, 2. durch das Zodiakallicht, 3. durch die magnetische Flüssigkeit, 4. durch das Licht und das Elementarfeuer, 5. durch die Vermehrung des Gewichts, welches Materien bey der Calcination unter einem Recipienten erhielten, und 6. durch die Flamme, welche sich auch im möglichst luftleeren Raume zeige.

Unter allen Beweisgründen, welche der P. Gerdil gegen die Erklärung der Haarröhrchen durchs Anziehen gerichtet hat, verdient bloß dieser einzige angeführt zu werden. Es sollte nämlich nach der Theorie der Anziehung das Queckſilber in einem goldenen Haarröhrchen über die äußere Oberfläche im Gefäße erhoben werden; allein Gerdil versichert, daß es in diesem nie so hoch gestiegen sey, als es im Gefäße selbst stehe. Seiner Meynung nach liegt der Grund von dieser Erscheinung in dem Reiben des Queckſilbers, und in dem Widerstande, welchen es der Trennung seiner Theile entgegensetze.

Auch der P. Abat r) führt verschiedene Versuche an, welche seiner Meynung nach in keiner Theorie der Anziehung und Repulsion erklärt werden könnten.

1. In einem Haarröhrchen bleibe die Säule, welche beym Eintauchen in Wasser in selbigem aufgestiegen sey, in derselben Höhe hangen, wenn man das Röhrchen aus dem Wasser ziehe. Bemerke man nun

r) Amuſemens philoſophiques. à Marſeille. p. 529.

nun dieſe Höhe, und laſſe alsdenn einen Waſſertrop an der äußern Wand des vertikal gehaltenen Haarrö chens herablaufen, ſo werde er ſich an der unterſ Oefnung des Röhrchens in Form einer Halbkugel ſetzen, und man werde bemerken, daß ſich dieſer Tr fen im Röhrchen in die Höhe ziehe, und die zuvor merkte Höhe der Waſſerſäule um ein beträchtliches v größere. Laſſe man auf eben dieſe Weiſe noch ein andern Waſſertropfen an der äußern Wand des Rö chens herablaufen, ſo werde die Höhe der Waſſerſä noch mehr vermehrt. Nun meint Abat, das Ha röhrchen müſſe das Waſſer auf gleiche Art anziehe es möge entweder ins Waſſer eingetaucht werden, od außerhalb deſſelben ſich befinden. Es könne nämli nicht mehr Waſſer in ſich ziehen, man möge an d Grundfläche deſſelben entweder einen Tropfen Waſſ bringen, der ſich daſelbſt in Form einer Halbkug anſetze, oder man möge die Grundfläche auf eine ebe Waſſerfläche bringen; denn in beyden Fällen blei das Glas daſſelbe, mithin müſſe auch dieſelbe Kra wirken. Es ſey daher dieſe Erſcheinung der Theor der Anziehung ganz entgegen.

2. Man nehme eine heberförmige Röhre (fig. 8. abc von durchaus gleicher Weite, deren einer Schen kel bc viel kürzer als der andere ab iſt; dieſe taüch man ins Waſſer ſo, daß der kurze Schenkel bc gan und gar mit der Mündung unter der Oberfläche c des Waſſers ſich befindet; das Waſſer wird ſich übe das Niveau deſſelben in den längern Arm ba erheben zieht man hiernächſt das Röhrchen aus dem Waſſe heraus, ſo wird es über der Fläche ce beſtändig au der nämlichen Höhe ef im längern Arme hangen blei ben. Wenn man aber hierauf auf die Oefnung c el

nel

nen Tropfen Wasser bringt, so wird die Höhe ef der Wassersäule um ein beträchtliches größer werden. Der P. Abat erklärt diese Erscheinung aus dem ungleichen Drucke der Luft auf die erhabenen Wassertropfen.

3. Man befeuchte ein Haarröhrchen auf der innern Fläche, und bringe in selbiges in horizontaler Lage einen Wassertropfen hinein; dieser Tropfen wird sich in die Mitte des Haarröhrchens begeben. Wenn hierauf das Röhrchen ein wenig gegen den Horizont geneigt wird, so senkt sich der Wassertropfen gegen den niederwärts gehaltenen Theil des Röhrchens, ohne jedoch an das Ende desselben zu gelangen; um letzteres zu bewirken, muß das Haarröhrchen eine große Neigung gegen den Horizont erhalten. Wenn aber der Tropfen einmal an das Ende des Röhrchens gekommen ist, so läßt er sich nun viel schwerer davon trennen, und er verläßt dasselbe nur erst alsdenn, wenn die Röhre in eine beynahe horizontale Lage gebracht worden ist.

De la Lande[s]) wundert sich, daß diese und ähnliche Einwürfe gegen die Theorie der Anziehung noch von keinem einzigen Geometer wären beantwortet worden. Er wolle daher suchen, alle Erscheinungen der Harröhrchen auf richtige Grundsätze der Anziehung zurückzubringen, und diese Einwürfe daraus widerlegen. Seine Erklärung über das Aufsteigen des Wassers in Haarröhrchen ist diese: Wenn Wasser in einem Gefäße ruhig stehe, so hätten alle lothrechte Säulen desselben einerley Gewicht, und alle Wassertheilchen zögen einander gegenseitig gleich stark an, so daß alles

s) Lettre sur les tubes capillaires, addressée à Mss. les auteurs du journal des savans. Nov. 1768. p. 73.

alles im vollkommenen Gleichgewichte wäre, mith müſſe ſich das Waſſer in einer vollkommenen horizont len Fläche erhalten. Wenn man aber ein Haarröh chen ins Waſſer tauche, ſo treibe der eingetauchte The deſſelben einen Theil einer ſolchen Säule aus der Ste le, und bewirke mehr Anziehung, als dieſer Thei Dadurch würden die unter der Oefnung ſtehenden Wa ſertheilchen aufwärts gezogen, und verlöhren etwa von ihrem Gewichte. Die innere Waſſerſäule i Haarröhrchen werde alſo leichter, und müſſe von den äu ßern weiter in die Höhe getrieben werden, bis da Gewicht des aufgeſtiegenen Waſſers der Anziehung de Röhre gleich ſey. Außerdem ziehe noch der unter Theil der Glasröhre, ſo weit ſein Wirkungskreis rei che, die anliegenden Waſſertheile gegen ſich, ohne da dieſe Anziehung von andern unterwärts liegenden Glas theilen wieder aufgehoben würde. Endlich werde auc die Oberfläche des aufgeſtiegenen Waſſers von dem an liegenden Glasringe gegen ſich gezogen, und dieſer An ziehung wirke zwar eine gleich ſtarke Anziehung gege das Glas nach unten entgegen, welche aber durch di Anziehung des Waſſers unter ſich ſelbſt vermindert werde. Dieß wären die drey Urſachen, welche verein die Erhebung des Waſſers in den Haarröhrchen be wirkten. Setze man alſo die ganze Kraft, womit da Waſſer vom Glaſe, ſo weit deſſen Wirkungskrei reicht, angezogen werde, = u, und diejenige, mi welcher es vom Waſſer ſelbſt in gleicher Weite ange zogen werde, = e, ſo iſt die geſammte Anziehung aus der erſten Urſache u — e; aus der zweyten Urſache ebenfalls u — e, und aus der dritten Urſache u — (u — e) = e; die ganze Anziehung alſo = 2u — 2e + e = 2u — e. Hieraus ſey alſo klar, daß, wenn auch die Kraft u des Glaſes viel kleiner als e wäre,

dem

dennoch das Wasser steigen müsse, weil in diesem Falle 2 u viel größer werden könne, als e. Alles dieß lasse sich auch auf das Quecksilber anwenden; wenn man nämlich das Haarröhrchen ins Quecksilber eintauche, so nehme es die Stelle eines kleinen Theils vom Quecksilber ein, und es könne die anziehende Kraft der nächstliegenden Quecksilbertheilchen nicht überwinden; durch das Glas würden sie aber oberwärts eine schwächere Anziehung gegen einander ausüben, welche der unterwärts nach dem übrigen Quecksilber gerichteten Anziehung nicht mehr das Gleichgewicht halten könnte; daher würde das Gewicht der Säule vermehrt, und die übrigen könnten sie nicht mehr so hoch erhalten, als sie selbst wären; folglich müßten hier die Phänomene gerade das Gegentheil von denjenigen zeigen, welche bey den Haarröhrchen im Wasser wahrgenommen würden.

Aus dieser seiner Theorie sucht nun de la Lande alle Einwürfe, die man gegen die Erklärung der Phänomene der Haarröhrchen durch Anziehen gemacht hat, zu widerlegen, und zugleich zu zeigen, daß die Anziehung ein ganz allgemeines Naturgesetz sey. Uebrigens führt er ganz richtig an, daß er, wie Weitbrecht, Rollet, Carré u. a., bey allen seinen Versuchen, welche er mit Haarröhrchen von gleicher Dicke aber ungleicher Länge angestellt habe, die Höhe, auf welche das Wasser in selbigen aufsteige, nicht, wie Musschenbroek beobachtet haben wolle, ungleich gefunden habe.

Die Vereinigung der mancherley ungleichartigen Substanzen, wenn sie in die Berührung kommen, und die daher erfolgenden gegenseitigen Einwirkungen derselben, wodurch sie sich zu einem homogenen Ganzen ver-

verbinden, beruhen ganz auf den Zuſammenhang d materiellen Theile unter ſich. Der ältere Geoffre hatte bereits angefangen, die vorzüglichſten Verbi dungen und Zerſetzungen der Stoffe in Tabellen bringen. Man erkannte die Wichtigkeit ſolcher Unte ſuchungen ſehr wohl, und ſahe ein, daß Kenntniſ über dieſe Gegenſtände die ſicherſten Mittel zu den ch miſchen Operationen an die Hand gäben, uns Einſic ten über die mancherley Verbindungen, welche die N tur hervorbringe, verſchafften, und überhaupt uns vo den Produkten, welche verſchiedene Subſtanzen be der Miſchung mit einander hervorbrächten, am rich tigſten belehrten. In dieſer Hinſicht bemühten ſic die Herrn Gellert t) und Rüdiger u), die vo Geoffroy angefangenen Verwandtſchaftstafeln in e was zu verbeſſern. Auf das Jahr 1758 ſetzte di königliche Akademie zu Rouen einen Preis auf die Auf gabe: die Verwandſchaften welche bey den vornehmſte Miſchungen ſtatt finden, ſo wie es Geoffroy ang fangen habe, zu beſtimmen, und ein phyſiſch-mecha niſches Syſtem derſelben aufzuſtellen. Unter den vie len Schriften, welche einliefen, erhielt vorzüglich di des Herrn Johann Philipp de Limburg x) de Preis. Dieſer unterſuchte zuerſt die Natur derjeni gen Körper, bey welchen gegenſeitige Anziehungen wahr genommen werden. In dieſer Rückſicht bringt er ſi unter drey Claſſen.

I.

t) Anfangsgründe der metallurgiſchen Chymie. Leipz. 1751. 1776. 8.

u) Syſtem. Anleit. zur Chymie. Leipz. 1756. 8.

x) Diſſert. ſur les affinités chymiques, qui a remporté le prix de phyſique de l'an 1758. à Liège 1761. 12.

1. Alle gleichartige Körper besitzen die Eigenschaft, sich mit einander zu vereinigen, wenn sie in Berührung kommen;

2. Die nämliche Eigenschaft findet auch zwischen solchen ungleichartigen Substanzen statt, deren meister Bestandtheil homogen ist. So vereinigen sich sehr leicht diejenigen Materien mit einander zu einem homogenen Ganzen, in welchen das Brennbare den beträchtlichsten Theil ausmacht.

3. Auch verbinden sich solche Substanzen mit einander zu einer gleichartigen Masse, deren Bestandtheile wesentlich von einander verschieden sind, wie z. B. Wasser und Weingeist.

Hiernächst prüft de Limburg die Theorien, welche über die Lehre der Verwandtschaften aufgestellt worden sind. Er zeigt durch auffallende und richtige Erfahrungen, daß die Phänomene der Verwandtschaften sich keinesweges aus mechanischen Ursachen erklären lassen. Vielmehr glaubt er, daß sie hauptsächlich von der Leichtigkeit, mit welcher sich die Theile in der Berührung anziehen, abhangen. Sie beruhen auf folgende zwey Hauptumstände; der eine, welcher wesentlich ist, beruht auf der Eigenschaft, daß sich verschiedene Substanzen gegenseitig einander nähern, welche man allgemein unter dem Nahmen der Anziehung kennt; der andere besteht in einer gewissen Aehnlichkeit der Theile, durch welche ihre Berührung unter einander erleichtert wird.

Aus seinem aufgestellten Systeme glaubt er folgende Regeln oder Gesetze herleiten zu können.

1. Daß zwey Subſtanzen, welche mit einander verwandt ſind, ſich vereinigen, und einen zuſammengeſetzten Körper bilden, wenn ſie in Berührung kommen.

2. Daß dieſer zuſammengeſetzte Körper gewöhnlich mit andern Subſtanzen verwandt ſey, welche einen Beſtandtheil des zuſammengeſetzten Körpers enthalten.

3. Daß er auch gegen diejenigen Subſtanzen eine Verwandtſchaft zeigt, deren Einer Beſtandtheil damit verwandt iſt.

4. Aber daß dieſe Verwandtſchaft geringer ſeyn werde, als wenn der eine Beſtandtheil, der mit dem zuſammengeſetzten Körper verwandt iſt, allein wäre, und daher freyer wirke.

5. Indeſſen vermehre ſich auch mannichmal dieſe Verwandtſchaft.

6. Daß, wenn man mit einem aus zwey Subſtanzen zuſammengeſetzten Körper eine dritte in Verbindung bringt, welche bloß mit der einen, aber nicht mit der andern verwandt iſt, und dieſe Verwandtſchaft viel größer, als die der beyden Subſtanzen unter ſich iſt, dieſe dritte Subſtanz die eine von den beyden trennen, ſich damit verbinden, und eine neue Zuſammenſetzung bilden wird.

7. Wenn die Verwandtſchaft dieſer dritten Subſtanz mit der einen und der andern der beyden vereinigten Subſtanzen beynahe gleich iſt, ſo werden ſich alle drey Subſtanzen zu einem Ganzen bilden.

8. Bisweilen wird die Verwandtſchaft durch weniger damit verwandte Subſtanzen unterbrochen.

9. Mannichmahl zeigt ein aus zweyen Subſtanzen zuſammengeſetzten Körper gegen Andere Verwandtſchaften, welche ſonſt keine für ſich gegen dieſelben hat.

Uebri-

Uebrigens erkannte de Limburg sehr wohl, daß die Phänomene der Verwandtschaften unter verschiedenen Umständen mancherley Abweichungen gewähren, und daß die Stufenfolge derselben bloß durch richtige Erfahrungen geordnet werden müsse.

Le Sage [y]), welcher den andern Preis von der Akademie zu Rouen erhielt, glaubte alle Phänomene der Verwandtschaften nach den Gesetzen der Anziehung zu beurtheilen, oder vielmehr aus dem Stoße abzuleiten, welche durch die Anziehung bewirkt werde, verbunden mit folgendem Principe: daß sich nämlich die Substanzen von einerley Natur gegenseitig mit einer größern Kraft nähern und mit einander verbinden, als die Substanzen von verschiedener Natur.

Auch Marherr [z]) unternahm es, die sogenannten Verwandtschaftstafeln zu verbessern, und die Stufenfolge derselben genauer zu bestimmen.

Es hatten sich schon mehrere große Mathematiker beschäftigt, eine allgemeine Regel für den respektiven Zusammenhang der Theile der festen Körper aufzufinden. Die allgemeinsten Untersuchungen hierüber waren von Varignon angestellt worden. Auch Bülfinger [a]) untersuchte diese Sache eben so wie Varignon, und zeigte zugleich, wie Varignon's Regel auf einem kürzern Wege gefunden werde. Da aber alle diese Bemühungen in der Anwendung wenig brauch-

y) Essai de chymie mécanique. à Geneve. 4.

z) Diss. de affinitate corporum. Vindob. 1762. 8. ins Deutsche übersetzt von Baldinger: chemische Abhandlung von der Verwandtschaft der Körper. Leipz. 1764. 8.

a) Commentar. Petropol. T. IV. p. 164 sqq.

brauchbar waren, ſo unternahm es endlich Muſſchenbroek [b]), dieſen Gegenſtand genauer zu unterſuchen. Geſetzt, ſagt er, es gäbe eine ſolche allgemeine Regel, welche das Verhältniß zwiſchen der abſoluten und der reſpektiven Feſtigkeit der Körper beſtimmte, ſo ließe ſich doch daraus noch nicht beweiſen, wie groß die Cohärenz der Theile irgend eines gegebenen feſten Körpers ſey, wofern nicht erſt vorher durch Verſuche die abſolute oder reſpektive Feſtigkeit deſſelben bekannt ſey. Da man aber nur äußerſt wenige Erfahrungen hierüber, beſonders von Mariotte, beſäße, wie hätte man ſich überzeugen können, daß alle Körper eben ſo beſchaffen wären, als die, die man unterſucht hätte? Er habe daher zu zweifeln angefangen, ob es nicht zu voreilig geweſen ſey, eine allgemeine Regel feſtzuſetzen; und da er in der Phyſik ſehr oft wahrgenommen habe, daß gewiſſe beſondere Eigenſchaften der Körper einige allgemeine Regeln gar nicht zuließen, welche die Naturphiloſophen vorher feſtgeſetzt hätten, ſo ſey er auf den Gedanken gekommen, daß dieß hier vielleicht der nämliche Fall ſeyn möge. Ueberdieß habe er ſehr wohl überlegt, daß die Feſtigkeit und Biegſamkeit eines Körpers ungemein verſchieden ſeyn könne; nämlich anders in feuchtem Holze, anders in trockenerm, und noch anders in ſehr trockenem; größer in dem einen Körper und geringer in dem andern. Er habe es daher für rathſam gefunden, zuerſt genaue Verſuche anzuſtellen, ehe man noch eine allgemeine Regel feſtſetzen könne. Auch habe es ihm nicht gereuet, hierüber zweifelhaft geweſen zu ſeyn, da er aus mehreren Verſuchen überzeugt worden ſey, daß es überhaupt keine allge-

b) Introductio ad cohaerentiam corporum firmorum th ſ. diſſert. phyſic. et mathemat. p. 423 ſqq.

allgemeine Regel der respektiven Festigkeit gebe, weil das Verhältniß, welches zwischen der absoluten und respektiven Festigkeit statt finde, ungemein verschieden sey; bisweilen habe er es wie 3:1, bisweilen wie 18:1, und in mehreren Fällen das Mittel zwischen diesen gefunden.

Was die absolute Festigkeit der verschiedenen Holzarten betrift, nach welcher die Zerreissung nach der Länge der Fasern geschieht, so fand Musschenbroek, daß sie bey gleich dicken Stücken ein und derselben Holzart gar ungemein verschieden ist, nachdem der Stamm auf diesem oder jenem Boden erwachsen, die Stücke aus der Mitte oder mehr gegen die Rinde zu, und zwar entweder nach der Mittags- oder Mitternachtsseite hin, geschnitten worden. Von seinen zahlreichen Versuchen enthält folgende Tabelle einige der bekanntesten Holzarten: die Stücken Holz, welche in den Versuchen gebraucht wurden, waren Parallelepipeda, die Grundflächen Quadrate, wovon jede Seite die Länge von 927 Rheinl. Zollen hatte. Sie wurden von nachstehenden Gewichten zerrissen.

Das Büchenholz	von	1250	Pfunden
Eschenholz	—	1250	—
Eichenholz	—	1150	—
Lindenholz	—	1000	—
Erlenholz	—	1000	—
Ulmenholz	—	950	—
Tannenholz	—	600	—
Fichtenholz	—	550	—

Um die Festigkeit der Metalle zu untersuchen, und zwar nicht allein der reinen, sondern auch solcher Metalle, welche aus der Vermischung verschiedener ungleichartigen Metalle zuwege gebracht werden, hat sich

Muſſchenbroek davon Parallelepipeda, oder viel eckte Stangen gießen laſſen, deren Querſchnitte o,1 rheinl. Zolle ins Gevierte betrugen, dieſe mit dem e nen dazu eingerichteten Ende ſenkrecht aufgehangen un befeſtigt, und an das andere Ende eine mit Ketten ve ſehene Wagſchaale mit Gewichten aufgehängt, die ſo lange vermehrte, bis die Stange zerriß. Aus se nen vielen Verſuchen läßt ſich nicht wohl ein Auszu mittheilen, und ſie alle anzuführen würde zu weit läuftig ſeyn. Folgende Tabelle enthält nur die R ſultate der mit reinen Metallen angeſtellten Verſuche.

Gold zerriß	von	578	Pfunden
Kapellenſilber	- -	1156	—
Kupfer	- - -	638	—
Japaniſches Kupfer	-	573	—
Deutſches Eiſen	- -	1930	—
Engliſches Zinn	- -	150	—
Eine andere Sorte	-	188	—
Bancazinn	- - -	104	—
Engliſch Bley	- -	25	—
Spiesglasmetall	- -	30	—
Zink von Goslar	- -	76-83	—
Wismuth	- - -	85-92	—

Nach dem Guſſe geſchlagene Metalle wurden ſ ſter; jedoch hatte dieß ſeine Grenzen, und ſie wurd bey zu lange fortgeſetztem Hämmern wieder weniger fe

Von den verſchiedenen Holzarten hat Bü fon c) mehrere Verſuche im Großen angeſtellt.

Bewegung überhaupt.

Newton hatte die Lehre von der Bewegu weit vollſtändiger und beſtimmter, als alle ſeine Vo

gä

c) Expériences ſur la force des bois in den mem. de l'Ac dem. roy. des ſcienc. de Paris 1740. 1741.

gänger, entwickelt, und den Grund zu der höhern Mechanik gelegt. Seine Gesetze, oder, wie er sie nennt, Axiome der Bewegung überhaupt aber gaben doch zu verschiedenen Streitigkeiten Veranlassung. Er schrieb nämlich der Materie eine Kraft (vis inertiae) zu, vermöge welcher die Körper gegen Ruhe und Bewegung gleichgültig wären; um nun einen von diesen beyden Zuständen zu verändern, sey eine äußere Kraft erforderlich. Dieß hievon abhangende erste allgemeine Gesetz der Bewegung, welches unter dem Nahmen des Gesetzes der Trägheit bekannt ist, hat die nachfolgenden Physiker und Mathematiker ungemein beschäftigt. Es ist unläugbar, daß man aus dem Begriffe der Trägheit Folgen gezogen hat, welche darin gar nicht liegen.

De Crousaz [d]) nahm zwar mit Newton an, daß ein jeder Körper gegen Ruhe und Bewegung gleichgültig sey, behauptete aber nicht mit diesem eine Trägheitskraft, oder eine Kraft, vermöge welcher auch der ruhende Körper widersteht. Die äußere Ursache, welche den Körper in seinem Zustande ändert, also entweder in Bewegung bringt, wenn er ruhet, oder in Ruhe versetzt, wenn er bewegt ist, liegt nach ihm nicht in der Materie, sondern sie ist vielmehr ein denkendes Wesen, welches er in die Gottheit selbst setzt. Auf solche Art macht also Crousaz aus den Erscheinungen der Natur lauter Wunderwerke.

Man sahe aber gar wohl ein, daß man von dem Widerstande, den die Körper dem ankommenden entgegens

d) Essai sur le mouvement, où l'on traite de sa nature, de son origine, de sa communication en général etc. à Groн. 1726. 4.

gegenſetzen, und von der Mittheilung der Bewegun ſich gar keinen Begriff machen könne, wenn man nic den Körpern eine Kraft zuſchriebe. Daher haben d meiſten Phyſiker mit Newton eine Trägheitskra angenommen. Wenn man, ſagt Nollet e), zwey Körpern, welche in Anſehung ihrer Dichtigkeit ve ſchieden ſind, einen gleichen und ähnlichen Umfan giebt, ſo werden beyde nicht gleich ſtark widerſtehe wenn ſie mit gleicher Kraft angetrieben werden; dah ſchreibe man den Körpern eine Trägheitskraft zu; di ſe ſey, wie die Schwere, der Menge der Materie od der Maſſe eines jeden Körpers proportional. Ma müſſe aber die Trägheitskraft nicht mit der Schwe verwechſeln; denn erſtere widerſtände der Bewegun nach allen möglichen Richtungen, dieſe aber nur vo oben nach unten. Hange man zwey gleich groſſe un gleich ſchwere Bleykugeln an einem Faden auf, un es komme die eine Kugel mit 4 Grad Geſchwindigke an, ſo müßten nach dem Stoße beyde Kugeln mit di ſer Geſchwindigkeit fortgehen, wenn die geſtoßene ke nen Widerſtand leiſte, mithin keine Trägheitskra beſäße. Daß aber dieſer Widerſtand nicht von der Lu herrühre, beweißt er dadurch: 1. weil er auch i luftleeren Raume ſtatt findet. 2. Weil Widerſtan der Luft ſelbſt Trägheit vorausſetzt, und 3. weil ſich d Trägheit nicht wie die Oberfläche verhält.

Andere, wie z. B. der P. Gordon f) un Kratzenſtein g) hielten die Trägheitskraft für eine l

e) Leçons de phyſ. experiment. Vol. II. leç. 3.

f) Phyſic. experiment. elementa. Erfurd. 1751. 8. T. p. 42.

g) Diſſ. Amolitio vis inertiae et vis repulſivae. Hav 1770. 8.

ley mit der Schwere. Euler [h]) wollte sogar aus der Kraft der Trägheit, welche dem zur Denkkraft gehörigen Vermögen, seinen Zustand unaufhörlich zu verändern, gerade entgegengesetzt sey, beweisen, daß selbst Gott der Materie keine Denkkraft verleihen könne.

Endlich aber hat Kästner [i]) gezeigt, daß der Ausdruck Trägheitskraft einen wahren Widerspruch in sich enthält, und ein Unding ist. Er stellt diese Sache weit richtiger dar, ob er gleich auch, meiner Meynung nach, Folgen aus dem Begriffe der Trägheit zog, welche darin gar nicht liegen. Er bemerkt ganz richtig, daß, wenn ein Körper in Bewegung versetzt, oder die Richtung und Geschwindigkeit eines bewegten Körpers geändert werden soll, eine äußere Ursache, eine Kraft, erfordert werde, welche Bewegung hervorzubringen oder zu ändern strebt. Ist keine solche Ursache vorhanden, so beharrt der ruhende Körper in seiner Ruhe, und der bewegte setzt seine Bewegung ungeändert nach der vorigen Richtung und mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort. Trägheit der Körper ist also nichts weiter als Gleichgültigkeit gegen Ruhe und Bewegung, oder der Satz des zureichenden Grundes auf die Veränderung des Zustandes der Körper angewandt. Unter Zustand wird hiebey Ruhe verstanden, wenn der Körper ruht, Richtung und Geschwindigkeit, wenn er sich bewegt. Erfolgen dergleichen Veränderungs

h) Enodatio quaestionis, utrum materiae facultas cogitandi tribui possit, nec ne; in opusc. var. argum. T. I. Berol. 1746. 4. p. 277 sqq.

i) De inertia corporum in s. diss. math. et phys. n. X. p. 75. und Anfangsgründe der höhern Mechanik. Abschn. I. Cap. 2.

änderungen, ſo erfordern wir allemal das Daſeyn eine Urſache; denn wenn wir ſie ſelbſt hervorbringen wollen ſo fühlen wir die Urſache in uns, und ſehen auch i andern Fällen, daß Urſachen dazu verwendet werden die ſonſt etwas anders, als z. B. Druck, Spannun u. d. gl. bewirkten, welche aber dieß zu bewirken au genblicklich aufhören, ſobald ſie ſich auf ſolche Aend rungen verwenden. Iſt keine ſolche Urſache da, ſ ſehen wir auch die Körper in ihrem vorigen Zuſtand beharren. Da alſo ein Körper, um in ſeinem vorige Zuſtande zu beharren, keiner beſondern Kraft bedarf ſo iſt Trägheitskraft ein Ausdruck ohne alle Bedeutung Den Satz, daß die Trägheiten den Maſſen proportio nal ſind, erklärt Käſtner ſo: es werde eine doppelte dreyfache, vierfache Kraft erfordert, einem Körper von doppelter, dreyfacher, vierfacher Maſſe eine gewiſſ Geſchwindigkeit zu geben, als einem Körper von ein facher Maſſe eben die Geſchwindigkeit beyzubringen nöthig iſt. — Allein meiner Meynung nach liegt dieſer letzte Satz in dem Begriffe der Trägheit gar nicht wie am gehörigen Orte weiter gezeigt werden ſoll. — Käſtner glaubt nämlich, wie alle diejenigen, welch ſeiner Vorſtellung von der Trägheit Beyfall gegeben haben, daß ein Körper, der entweder an einem Faden aufgehangen worden, oder auf einer Unterſtützung liege ſeiner Schwere gänzlich beraubt ſey, und er nun als ein nicht ſchwerer, ſondern als ein bloß träger Körper anzuſehen wäre; ein ankommender Körper habe alſo bloß die Trägheit deſſelben zu überwinden.

Newton hatte ſein zweytes Bewegungsgeſetz, oder Axiom, daß nämlich jede Geſchwindigkeitsände rung der wirkenden Kraft proportional iſt, ohne Beweis als nothwendige Folge des Grundſatzes angenommen,

men, daß sich alle Wirkungen wie die Ursachen verhalten. So wirkt die beschleunigende Kraft der Schwere auf alle mögliche Körper unserer Erde gleich stark, und die Beschleunigung richtet sich nicht nach der Masse, sondern bloß nach der Größe der wirkenden Kraft. Gegen dieses von Newton als Axiom angenommene Gesetz erinnerte Daniel Bernoulli [k]), es sey das Wesen und die Wirkungsart der Kräfte so wenig bekannt, daß sich hier von der Größe der Ursache keine nothwendige Schlußfolge auf die Größe der Wirkung ziehen lasse, und sich vielleicht die Beschleunigung eben sowohl, wie das Quadrat, oder eine andere Funktion von der beschleunigenden Kraft verhalten könne. Dieß gab Eulern [l]) die Veranlassung, einen Beweis dieses Satzes zu versuchen. Dagegen will d'Alembert [m]) lieber den zu erweisenden Satz als eine Erklärung der beschleunigenden Kraft annehmen: pour nous, sagt er, sans vouloir discuter, si ce principe est d'une verité nécessaire ou contingente; nous nous contenterons de le prendre pour une définition etc. Nous entendrons donc par force accéleratrice simplement l'élément de la viteſſe. Allein da es hiebey darauf ankommt, zu beweisen, daß die Beschleunigung der beschleunigenden Kraft proportional ist, so ist man in die Nothwendigkeit versetzt, entweder von der beschleunigenden Kraft eine neue Erklärung zu geben, oder den Satz zu erweisen. Daher haben es

Käst-

k) Examen principiorum mechanicae in comment. Petrop. T. I. p. 127.

l) Mechanica. L. I. §. 146 — 152. ingl. theoria motus corpor. solidor. Cap. III.

m) Traité de dynamique. art. 19.

Käſtner und Karſten für nöthig gehalten, ei
ne und keine weitere Einwendungen übrig laſſende A
weiſe dieſes Satzes zu geben. Statt des Ausdruck
beſchleunigende Kraft, will Karſten lieber den N
men Beſchleunigung der Kraft.

Newton's drittes Bewegungsgeſetz, daß je
Wirkung eine gleiche Gegenwirkung entgegengeſetzt ſ
hat zu falſchen Anwendungen Anlaß gegeben, und
faſt ganz allgemein mit dem Geſetze der Trägheit v
wechſelt worden. Hamberger n) nahm an, daß
Gegenwirkung, oder der Widerſtand, welchen der K
per, auf den ein anderer wirkt, ausübt, eine wa
Kraft (Trägheitskraft) ſey. Er ſuchte dieſe Meynu
durch folgende Erfahrungen zu erweiſen:

1. wenn man einen Keil in eine klein gemac
Spalte eines Stück Holzes nur feſte ſteckt, alsde
das Stück Holz umdreht, ſo daß der Keil nach un
gekehrt iſt, und nun mit einem Hammer auf die e
gegengeſetzte Seite des Holzes ſchlägt, ſo dringt
Keil in das Holz ein, und es ſpaltet zuletzt.
ſcheint alſo der Keil der Richtung des Schlages
entgegen zu bewegen, und folglich Gegenwirkung a
zuüben. Wenn man aber dieſe Erfahrung näher
terſucht, ſo wird man darin das nicht finden, was
wieſen werden ſoll; ſie läßt ſich vielmehr natürlic
aus der Langſamkeit herleiten, womit ſich Bewegu
gen mittheilen. Durch den Schlag auf das Holz w
nämlich demſelben eine große Geſchwindigkeit nach
Richtung des Schlages mitgetheilt. Mit dieſem M
ment der Geſchwindigkeit bewegt ſich alſo das H
niederwärts, ehe ſie noch dem Keil mitgetheilt wer
kann, mithin verhält ſich hier der Keil ganz leide

n) Elementa phyſices. §. 36.

die schnelle Bewegung des Holzes allein verursacht, daß der Keil tiefer eindringen muß.

2. Bringt man eine kleine Schrotkugel nahe an den Rand des Tellers, und stößt an den gegenüberstehenden Rand, so scheint sich das Kügelchen dem Stoße entgegen zu bewegen. Im Grunde bewegt sich aber das Kügelchen nicht, sondern nur der Teller, welcher dem Kügelchen die Bewegung nicht sogleich mittheilen kann; der Teller geht darunter weg, und die entgegengesetzte Bewegung des Kügelchens, welche eine Gegenwirkung beweisen sollte, ist gar nicht vorhanden.

3. Wenn man einen wenigstens 4 Fuß langen und im Durchmesser 4 oder 5 Linien starken hölzernen Stab mit beyden Enden auf die Ränder zweyer Gläser legt, und nachher mit einem starken Stück Holz auf die Mitte jenes Stabes mit Heftigkeit schlägt, so zerbricht selbiger, ohne daß die Gläser im geringsten einigen Schaden erleiden.

4. Man hange einen ähnlichen Stab wie n. 3. an einen Faden auf, und stelle an das untere herabhangende Ende desselben ein kleines Medicinalglas so, daß ein kleiner Theil des Glases das Ende des Stabes berühre; hiernächst schlage man mit einem starken Stücke Holz nach der dem Glase entgegengesetzten Richtung auf die Mitte des herabhangenden Stabes, so wird dieser abermals zerbrechen, ohne daß das Glas nur im Geringsten bewegt wird; geschieht aber der Schlag nach der Richtung des Glases, so wird dieses der Richtung des Schlages entgegen heftig fortgestoßen, und oft zerbrochen.

Diese beyden letztern Wahrnehmungen lassen sich eben so, wie die n. 1. 2. erklären, und es folgt offenbar daraus nicht, was Hamberger erweisen wollte.

Der

Der Ausdruck Wirkung bezeichnet überhaup diejenige Veränderung, welche durch irgend eine phy ſiſche Urſache hervorgebracht wird. Ueber das Maa der Wirkung, in ſo fern daraus auf die Größe der Urſache oder der Kraft geſchloſſen werden ſoll, iſt vie geſtritten worden. Eben dieß hat auch zu dem berühm ten Streite zwiſchen den Carteſianern und Leibnizia nern über die Schätzung des Kräftenmaaßes Gelegen heit gegeben, von welchem bereits ein großer Theil im 3ten Bande S. 319 ff. erzählt worden iſt, und de nachher weiter erzählt werden ſoll. Inzwiſchen glaubt der Herr von Maupertuis das allgemeine Princi entdeckt zu haben, aus welchem ſich die vorzüglichſte Erſcheinungen der Natur herleiten ließen *). Mit dem Nahmen Größe der Wirkung (quantité d'action) verbindet er einen ihm eigenen Begriff, in dem er darunter bey Bewegungen, welche durch Krä fte hervorgebracht werden, das Produkt aus der Maſſe des bewegten Körpers in ſeine Geſchwindigkeit und in den Raum, den er durchläuft, verſteht. Er ſtellt ſich nämlich vor, wenn ein Körper aus dem einen Orte in den andern gebracht werde, ſo ſey die Wirkung deſto größer, je größer die Maſſe des Körpers, je ſchneller die Bewegung, und je länger der Raum ſey, durch den der Körper gehe. In dieſem Sinne des Wortes Wirkung iſt bey den Geſetzen des Gleichgewichtes, des Stoßes, ingleichen der Zurückwerfung und Brechung u. d. gl. die Größe der Wirkung allemal ein Kleinſtes. Maupertui's allgemeines Princip heißt alſo, daß bey allen in der Natur vorgehenden Verände run

*) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris 1744. und eſſai de Coſmologie in den oeuvres. à Dresde 1752. p. 21 ſqq.

lungen die dazu erforderte Größe der Wirkung die kleinste mögliche sey. Dieß Princip sucht er unter dem Nahmen des Gesetzes der kleinsten Wirkung (principe de la moindre action) allgemein zu bestätigen. In der Kosmologie bemüht er sich, diesen Satz sogar als eine unmittelbare Folge aus den Eigenschaften des göttlichen Wesens vorauszusetzen, und nun als eine fruchtbare Grundregel der ganzen Mechanik und Optik zu betrachten, welche selbst der Erhaltung der lebendigen Kräfte vorzuziehen sey, und aus welcher sich die Gesetze des Stoßes, des Gleichgewichts, der Brechung, Zurückwerfung u. s. f. als nothwendige Folgen ableiten ließen. Maupertuis setzte auf diese seine Entdeckung einen sehr großen Werth, weil daraus die vornehmsten Naturgesetze so schön gefolgert werden konnten. Indessen machte Samuel König p) Erinnerungen gegen das Gesetz der kleinsten Wirkung, suchte vielmehr die statischen und mechanischen Gesetze aus der Betrachtung der lebendigen Kräfte herzuleiten, und bemerkte am Ende, daß schon Leibnitz eine weit ausgebreitetere Theorie der Wirkung besessen habe, indem sich in einem seiner Briefe an Hermann in Basel folgende Stelle befinde: l'action n'est point ce, que vous pensés, la consideration du temps y entre; elle est comme le produit de la masse par le temps, ou de temps par la force vive. J'ai remarqué, que dans les modifications des mouvemens elle devient ordinairement un Maximum ou un Minimum. On en peut déduire plusieurs propositions de grande consequence; elle pourroit servir à déterminer les courbes, que decrivent les corps attirés à un ou plusieurs centres etc.

In

p) De universali principio aequilibrii et motus etc. in actis erudit. Lipſ. 1751. p. 125. ſqq. 162 ſqq.

In dieſer Stelle kommt der Begriff von Wirkung nac Maupertuis Beſtimmung völlig überein; denn da Produkt aus der lebendigen Kraft, oder MC^2, i die Zeit T d. h. MC^2T, giebt MSC, weil der Raur $S = CT$ iſt.

Der Herr von Maupertuis nahm dieſe an geführte Stelle ſo auf, als ob er von König beſchu digt würde, er habe die Entdeckung von Leibnitze entlehnt, und für die ſeinige ausgegeben. Er ver langte von König, den Brief im Original darzulegen und da dieſes nicht gleich bewerkſtelligt werden konnte ſo miſchte Maupertuis, die königliche preuſſiſch Akademie der Wiſſenſchaften in die Sache, von we cher er Präſident, König aber ein Mitglied wa Dieſe fällte gegen König ein Urtheil [q]), wogege ſich dieſer öffentlich vertheidigte [r]). Auf ſolche Ar ward der Streit von der Hauptſache abgelenkt, un auf das Benehmen der Perſonen und der Authenticitä eines Leibnitziſchen Briefes gerichtet, ſo daß nun auc diejenigen Gegner des Herrn von Maupertui Antheil nehmen konnten, welche ſich ſonſt um eine ma thematiſche Frage nicht bekümmert hätten. Die Gelegenheit benutzte insbeſondere der Herr von Vo taire, und verfertigte eine Anzahl luſtiger Schrifte gegen de Maupertuis, wodurch dieſer aufs äuße ſte entrüſtet wurde, bis ſich zuletzt die Sache mit d Ungnade des Königs gegen Voltaire und deſſen En fernung von Berlin endigte.

D

q) Jugement de l'Acad. roy. des ſcienc. de belles lettr ſur une lettre prétendue de Mſr. *Leibnitz*. Berlin 175

r) Appel au public du jugement de l'Acad. roy. etc. Lei 1752. 8.

Die lehrreichste Vertheidigung des Satzes von der kleinsten Wirkung unternahm Euler s). Gegen Maupertuis haben auch einige Holländer, besonders Martin Martens t), und Anton Brugmans u) geschrieben. Man hatte sich vornemlich Mühe gegeben zu zeigen, daß die Minima, welche bey den Gesetzen der Bewegungen vorkommen, nicht erste Gesetze, sondern Folgen aus den Eigenschaften der Körper sind, daß man also das Gesetz der Sparsamkeit in keinem Falle anwenden dürfe, wenn es nicht schon aus andern Gründen bekannt ist, daß dabey die Wirkung ein Kleinstes seyn müsse. Auch hat diese Bemerkung gewiß ihre Richtigkeit. Inzwischen bleibt doch der Satz selbst für sich wahr. Kannte auch wirklich Leibnitz denselben, so ist doch von ihm bey dem Gesetze der Strahlenbrechung ein ganz anderer Grundsatz angenommen worden. Es behält also der Herr von Maupertuis immer das Verdienst, diese Wahrheit mit ihrer Bestimmung entdeckt, und auf eine sehr scharfsinnige Art aus den Naturgesetzen entwickelt zu haben.

Der Streit über das Kräftenmaaß zwischen den Cartesianern und Leibnitzianern ist in diesem Zeitraume noch ziemlich lebhaft geführt worden. Es ist bereits im 3ten Theile S. 326 f. angeführt, daß der Herr von Leibnitz seiner Meynung durch die Eintheilung der

s) Diss. de principio minimae actionis. Berol. 1753. 4. und franz. in den mémoir. de l'Acad. de Prusse. 1753. p. 199.

t) Aanmerkingen der Beweging over de Wet von Sparsamheit. Amst. 1752. 4.

u) Proeve over de waare grondwetten der Beweging en Rust. Leid. 1753. 4.

der Kräfte in lebendige und todte mehr Liche geben wollte. Einer der eifrigſten Vertheidiger des Herrn von Leibnitz, Johann Bernoulli *), nimmt auch die Eintheilung der Kräfte in lebendige und todte, aber in einer ganz andern Bedeutung, wie Leibnitz, an. Unter lebendiger Kraft verſteht er ein bloßes Vermögen zu handeln. Dieß ſagt Bernoulli ſelbſt, indem er ſich ſo ausdruckt: hinc patet, vim vivam (quae aptius vocaretur facultas agendi, gallice le pouvoir) eſſe aliquid reale, et ſubſtantiale, quod per ſe ſubſiſtit, et quantum in ſe eſt, non dependet ab alio; und in eben dieſer Schrift, vis viva non conſiſtit in actuali exercitio, ſed in facultate agendi. Wenn z. B. eine Kugel durch irgend eine Kraft in Bewegung verſetzt iſt, ſo wird nun der bewegten Kugel eine lebendige Kraft zugeſchrieben. Nach Bernoulli ſoll dieſe eine Fähigkeit ſeyn, Bewegung hervorzubringen, wenn ſie in ihrer Bewegung auf einen Körper ſtößt. Er hält dieſe Kraft für etwas ganz Eigenes und Subſtantielles, und daraus macht er den Schluß, daß ihre Größe ganz allein durch die Totalſumme aller von ihr erzeugten Wirkungen gemeſſen werden müſſe, ohne Rückſicht auf die Zeit zu nehmen, in welcher die Wirkungen erfolgen. Dieß giebt alſo natürlich Leibnitzens Maaß der Kräfte.

Aus dieſem Begriffe der lebendigen Kraft leitete Bernoulli das ſehr berühmt gewordene und wenigſtens in der Geſchichte ſehr merkwürdige Geſetz her: in der Körperwelt wird immer einerley Summe der Kräfte erhalten, und es geht keine lebendige Kraft verlohr-

*) De vera notione virium vivarum in act. erudit. Lipſ. 1735. p. 210. u. opp. T. III. n. 145.

lohren. Diesen Satz nannte man den Grundsatz von Erhaltung lebendiger Kräfte. Bernoulli hält dieß Gesetz für so einleuchtend, daß er behauptet, man würde es nur verdunkeln, wenn man unternehmen wollte, es zu beweisen. Es wäre auf keine Weise zu läugnen, daß eine wirkende Ursache nie ganz oder zum Theil verlohren gehen könne, ohne vorher eine dem Verluste gemäße Wirkung hervorgebracht zu haben. Die lebendige Kraft eines Körpers sey etwas so Absolutes und Positives, daß sie in dem Körper bleiben würde, wenn es gleich dem Schöpfer gefiele, die übrige Körperwelt ganz zu zernichten. Würde daher die lebendige Kraft eines Körpers bey seinem Stoße an einen andern vermindert, so müsse dagegen die lebendige Kraft des gestoßenen Körpers um eben so viel zunehmen, woraus die beständige Gleichheit der Totalsumme lebendiger Kräfte nothwendig folge. Wenn man daher zwey Massen M und m setzt, deren Geschwindigkeit vor dem Stoße C und c, nach dem Stoße aber V und v sind, so muß diesem Grundsatze gemäß und nach dem Leibnitzischen Kräftenmaaße seyn $MC^2 + mc^2 = MV^2 + mv^2$. Dieß hat auch seine Richtigkeit bey dem Stoße elastischer Körper. Aber gerade aus der Lehre der Bewegung elastischer Körper durch den Stoß haben die Vertheidiger der Leibnitzischen Meynung die meisten Beweise genommen. Jurin y) und andere hatten den Leibnitzianern den Einwurf gemacht, daß zwey unelastische Körper, welche sich einander mit solchen Geschwindigkeiten begegnen, welche sich verkehrt wie ihre Massen verhalten, doch nach dem Stoße in Ruhe bleiben. Um diesem Einwurf zu begegnen, nahm Ber-

y) Principia dynamica. Philos. Transl. n. 476 et 479.

Bernoulli keine vollkommen harte Körper an; daher ſchienen ihm die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper hinreichend zu ſeyn, um den Satz von lebendigen Kräften als allgemein wahr zu betrachten. Von dem Stoße weicher unelaſtiſcher Körper behauptet er, daß hiebey ein Theil der lebendigen Kraft auf die Zuſammendruckung verwendet werde, welcher aber doch in den zuſammengedruckten Theilen zurückbleibe, und nur deßwegen nicht wieder thätig werde, weil die Weichheit des Körpers es hindere.

Was die todte Kraft betrifft, ſo hält Bernoulli dieſe mit dem Drucke für einerley; anderswo unterſcheidet er aber Druck von todter Kraft, wie Urſach und Effekt, indem er ſich ſo ausdruckt: la force morte eſt telle, que reçoit un corps ſans mouvement, lorsqu'il eſt ſollicité et preſſé de ſe mouvoir etc.

Der ſo berühmt gewordene Grundſatz der lebendigen Kräfte hat eigentlich folgenden Sinn: wenn ein Syſtem mehrerer Maſſen in Bewegung iſt, und dieſe Maſſen während der Bewegung in einander wirken, ſo iſt die Summe der Produkte aller einzelnen Maſſen in die Quadrate ihrer erlangten Geſchwindigkeiten in jedem Augenblicke eben ſo groß, als ſie ſeyn würde, wenn dieſe Maſſen nicht in einander gewirkt hätten. So ausgedrückt hat ihn d'Alembert [z]) aus andern Gründen, als den ſo ſehr verwirrten und ſchwankenden Begriffen von lebendigen Kräften, hergeleitet.

Auch hat man für Leibnitzens Meynung Beweiſe aus den zuſammengeſetzten Bewegungen herholen wollen. Bülfinger [a]) hat ſich beſonders um dieſen Beweis

z) Traité du dynamique. Part. II.
a) De viribus corporis moti inſitis, earumque menſura, in Comment. Petrop. T. I. p. 43 ſqq.

Beweisart verdient gemacht. Der Satz, welcher seinem Gebäude zum Grunde liegt, ist folgender: Ein Körper (fig. 9.) a, der zwey Bewegungen zu gleicher Zeit empfängt, eine nach der Richtung ab mit der Geschwindigkeit ab, und eine andere, nach einer Richtung, welche mit der vorigen senkrecht verbunden ist, mit der Geschwindigkeit ac, bewegt sich durch die Diagonale ad des Rechtecks abdc in eben der Zeit, in welcher eine jede von den Seitenlinien insbesondere durchlaufen würde. Es sind aber die nach den Seitenlinien gerichteten Kräfte einander nicht entgegengesetzt, mithin kann die eine der andern auch nichts entziehen, und also wird die Kraft, die der Körper hat, wenn er beyden nachgiebt, nämlich wenn er sich in der Diagonale bewegt, den Kräften nach den Seitenlinien zusammengenommen gleich seyn. Nun würde dieß nach Carteseus Schätzung nicht statt finden; denn die Diagonale ad ist beständig kleiner, als die Summe der beyden Seitenlinien ab + ac; allein auch in allen andern möglichen Schätzungen würde die Kraft, die der Körper mit der Geschwindigkeit ad hat, der Summe der Kräfte mit den Geschwindigkeiten ab und ac nie gleich seyn, als nur in dem einzigen Falle, da dieselben nach den Quadraten der Geschwindigkeiten geschätzt werden. Hieraus schließt also Bülfinger: die Kraft eines Körpers, der in wirklicher Bewegung ist, könne durch nichts anders, als mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit gemessen werden. — Bülfingers Beweis ist auch an sich richtig, nur die Anwendung beruht auf einem Irrthum; es kann auf keine Weise dargethan werden, daß die Kraft nach der Richtung der Diagonale den beyden Kräften nach den Seitenlinien zusammen genommen gleich sey: sondern es liegt vielmehr in dem Satze, daß die wirkende Kraft

nach der Richtung der Diagonale eben das ausrichte was beyde Kräfte zuſammen nach den Richtungen de Seitenlinien zuſammen ausrichten würden. Auf ſolch Art wird aber ſelbſt durch dieſen Fall Carteſen Meynung aufs vollkommenſte beſtätigt.

Der große Muſſchenbroek hat ſich ebenfall für Leibnitzens Meynung erklärt, und einige Bewei dafür beygebracht. Einer davon iſt dieſer [b]); Wen eine gewiſſe äußere Urſache, welche ſich mit einem g druckten Körper zugleich mit bewegt, z. B. eine Fed (fig. 10.) bc, die an dem Widerhalte af befeſtigt iſ einen Körper c fortſtoßt, gegeben worden: ſo wird f demſelben, wenn er in Ruhe iſt, 1 Grad Geſchwi digkeit mittheilen. Sobald aber der Körper dieſe Grad von Geſchwindigkeit erhalten hat, ſo werde zweymal mehr Federn erfordert, ihm den zweyten Gra von Geſchwindigkeit zu geben. Denn wenn ſich d Feder noch einmal allein ausſtreckte, ſo würde der Kö per, der ſich ſchon mit eben dem Grade der Geſchwi digkeit wirklich bewegt, womit die Feder ſich ausdehn dieſelbe fliehen, und ihre Drucke nicht in ſich aufne men. Allein es muß die zweyte Feder hinzukomm (fig. 11.), welche verurſacht, daß der Punkt b, a welchem ſich die Feder db ſteifet, dem Körper mit d Geſchwindigkeit, womit er entfliehen würde, nachfo ge, und daß auf dieſe Weiſe der Körper c, wie a fänglich in Anſehung der Feder bc, ruhe, damit e wenn dieſe ſich ausſtreckt, den Grad der Geſchwindi keit wie 1 erhalte. Eben ſo werden drey Federn erfo dert, um dem Körper, der ſchon 2 Grade Geſchwi digkeit beſitzt, nun den dritten zu ertheilen. Eine Körper alſo, der ſchon n Grade Geſchwindigkeit ha

ein

b) Introd. ad philoſ. natur. T. I. §. 272 ſqq.

einen einzigen neuen zu geben, werden n + 1 Federn erfordert; mithin ist die Anzahl der Federn, welche nöthig sind, einem Körper einen gewissen Grad von Geschwindigkeit zu ertheilen, wie die Anzahl der Grade, in welche die ganze Geschwindigkeit des Körpers zertheilt ist, d. i. die ganze Kraft der Federn, die einen Körper Einen Grad Geschwindigkeit mittheilen, ist wie die ganze Geschwindigkeit, die der Körper alsdenn haben würde, wenn er diesen Grad besäße. Nun sind in dem Dreyecke (fig. 12.) abc, dessen Seitenlinien ab in gleiche Theile getheilt worden, die Linien de, fg, hi, kl, mn u. s. wie die Linien ad, af, ah, ak, am u. s.; folglich kann man die Linie da gebrauchen, um diejenige Feder anzuzeigen, welche dem Körper den ersten Grad Geschwindigkeit ad ertheilt; die zweymal größere Linie fg, um die zweyfache Feder anzuzeigen, die den zweyten Grad Geschwindigkeit df hervorbringt; die Linie hi, um die dreymal größere Feder anzudeuten, die den dritten Grad Geschwindigkeit fh erzeugt u. s. w. Wenn man sich nun die Linien de, fg u. s. w. unendlich nahe gedenkt, so werden sie den ganzen Flächeninhalt des Dreyecks abc ausmachen. Mithin ist die Summe aller Federn, welche in einem Körper die Geschwindigkeit ab erzeugen, wie die Fläche abc, d. i. wie das Quadrat der Geschwindigkeit ab. Nun stellen aber diese Federn die Kräfte vor, die zusammen die in dem Körper gedachte Geschwindigkeit hervorgebracht haben, und wie sich die Anzahl der Kräfte, die in einem Körper wirken, verhält, so verhält sich auch die in demselben hervorgebrachte Kraft; also ist die Kraft eines Körpers wie das Quadrat der Geschwindigkeit, die er besitzt.

Gegen diesen von Musschenbroek geführte Beweis erinnert Kant c) ganz richtig, daß e mit den mechanischen Grundsätzen gar nicht zusam meinstimmt. Denn wenn man die in einem Körpe übergetragene Kraft nach der Summe gewisser Feder schätzen will, so muß man nur diejenigen Federn neh men, welche ihre Gewalt in den Körper wirklich hin einbringen; allein diejenigen, welche in ihm gar nich gewirkt haben, kann man auch nicht gebrauchen, un eine ihnen gleiche Kraft in den Körper zu setzen. Wen daher ein Körper, welcher schon mit Einem Grade Ge schwindigkeit in Bewegung ist, durch die Ausstreckun von zwey Federn den 2ten Grad erhält, so wirkt vo diesen beyden Federn nur (fig. 11.) bc in ihm, d aber bringt nichts von ihrer Spannungskraft in de Körper hinein. Denn die Feder db streckt sich mi 1 Grade Geschwindigkeit aus; der Körper c beweg sich aber auch schon mit 1 Grade, also flieht c de Druck der Feder, und dieselbe wird ihn in ihrer Aus breitung nicht erreichen können, um die Kraft ihre Ausspannung in ihn zu übertragen. Sie thut nicht weiter, als daß sie den Widerhalt b, an welchen sic die Feder bc steifet, dem Körper c mit eben der Ge schwindigkeit, womit er sich bewegt, nachträgt, da mit derselbe in Ansehung dieses Körpers ruhe, und di Feder bc ihre Kraft, die wie 1 ist, in ihn hinein bringe. Sie ist also keine wirkende, sondern nur ein Gelegenheitsursache der Kraft, die auf diese Weise i c zu der erstern hinzukömmt; die einzige Feder bc abe ist die wirkende Ursache derselben. Wenn ferner diese Körper schon 2 Grade Geschwindigkeit besitzt, so ei

theil

c) Gedanken von der wahren Schätzung der lebendige Kräfte. Königsb. 1746. 8. §. 108.

theilt ihm unter drey gleichen Federn nur die eine ihre Kraft und auch den dritten Grad ihrer Geschwindigkeit, u. s. w. ins unendliche. Wenn also (fig. 12.) de die erste Feder ist, deren Kraft in den Körper hineingekommen, und den ersten Grad, den Grad der Geschwindigkeit ad in ihm erweckt hat, so hat die Feder αg, die ihr gleich ist, ihm den zweyten Grad der Geschwindigkeit gegeben, und ihre Kraft in ihn übergetragen; die Feder βi den dritten Grad u. s. w.; folglich macht die Summe der Federn de + αg + βi + γl + δn + εp + ζr + ηt + ϑc = bc die ganze Größe der Kraft aus, welche an den Körper von seiner Ruhe an angewandt worden, und die in ihm die Geschwindigkeit ab erweckt hat. Es verhält sich aber bc wie ab; und bc ist die Kraft, ab aber die Geschwindigkeit; also ist die Kraft wie die Geschwindigkeit, und nicht wie das Quadrat derselben.

Ein anderer mechanischer Beweis des Herrn Musschenbroek zur Bestärkung des Leibnitzischen Kräftenmaaßes ist dieser: Man nehme einen hohlen Cylinder, an dem eine Feder fest gemacht worden. Aus dem Cylinder muß ein Stab hervorgehen, der mit Löchern versehen ist, und der durch die Oefnung eines steifen Bleches durchgesteckt ist. Wenn man nun die stählerne Feder an dieses Blech mit Gewalt andruckt und spannt, so daß der Stab durch die Oefnung desselben weiter herausragt, so kann man sie in dieser Spannung erhalten, indem man auf der hervorragenden Seite desselben einen Stift durch ein Loch des Stabes hindurchsteckt. Endlich hange man den Cylinder als ein Pendel an zwey Faden an irgend einer Maschine auf, ziehe alsdenn den Stift heraus, so wird die Feder losschnellen, und dem Cylinder eine

gewiſſe Geſchwindigkeit ertheilen, welche durch die e
langte Höhe erkannt wird. Man benenne dieſe G
ſchwindigkeit mit 10. Hierauf mache man den Cylin
der zweymal ſchwerer, als er vorher war, indem ma
in denſelben ſo viele Gewichte hineinlegt, als daz
nöthig iſt, und ſpanne die Feder, wie zuvor. Wen
man ſie alsdenn wieder losſchnellen läßt, ſo wird ma
durch die Höhe, die er erreicht, ſehen, daß die G
ſchwindigkeit 7,07 Grade habe. Hieraus ſchlieſ
nun Muſſchenbroek ſo: Die Feder war beydemo
gleich ſtark geſpannt, und hat daher in beyden Fälle
gleiche Kraft gehabt, und da ſie jedesmal ihre ganz
Kraft anwendet, ſo hat ſie auch beydemale gleich
Kräfte in den Cylinder hineingebracht; alſo muß di
Kraft, die ein Körper von einfacher Maſſe mit 1
Graden Geſchwindigkeit beſitzt, derjenigen gleich ſeyn
die in einem andern, der eine zweyfache Maſſe un
7,07 Grade Geſchwindigkeit hat, anzutreffen iſ
Dieſes iſt aber auf keine andere Art möglich, als wen
man die Kraft nach dem Produkt aus der Maſſe i
das Quadrat der Geſchwindigkeit ſchätzt; denn all
andere mögliche Funktionen der Geſchwindigkeit laſſe
dieſe Gleichheit nicht zu, aber nach der Quadra
ſchätzung allein ſind die Quadrate der Zahlen 10 un
7,07 ſehr nahe im verkehrten Verhältniſſe der Maſſe
1 und 2, folglich die Produkte derſelben in die gegen
ſeitigen Maſſen gleich. Es ſind daher, ſchließt er, di
Kräfte nicht nach dem Maaße der Geſchwindigkeiten
ſondern nach dem Quadrate derſelben zu ſchätzen.

Der ganze Fehler dieſes Beweiſes liegt in den
Satze, daß die geſpannte Feder dem Cylinder in bey
den Fällen, nämlich dem leichtern und dem ſchwerern
eine gleiche Kraft ertheile. Denn es iſt aus mechani
ſcher

schen Gründen klar, daß dieselbe Feder bey gleicher Spannung dem Körper unter verschiedenen Umständen verschiedene Kräfte eindrucke. Es ist nämlich die Kraft, die sie dem Körper giebt, ein bloßer Erfolg, der nicht allein von der Kraft der Feder, sondern zugleich von der Beschaffenheit des angetriebenen Körpers abhängt, nachdem sich dieser länger oder kürzer unter den Druckungen der Feder befindet, d. i. nachdem er größer oder kleiner an Masse ist; die Kraft der Feder an sich aber ist nichts weiter, als das Moment ihrer Ausspannung. Nun ist der zweymal schwerere Cylinder den Druckungen der Feder länger ausgesetzt, indem diese sich ausstreckt, als der andere von einfacher Masse. Diesen stößt die Feder mit gleicher Spannungskraft geschwinder fort, und endigt den Raum ihrer Ausstreckung mit ihm in kürzerer Zeit, als mit jenem. Weil aber das Moment der Kraft, welche die Feder in jedem Augenblicke den Cylindern eindruckt, in beyden gleich ist, so muß der schwerere Cylinder durch den Antrieb der Feder mehr Kraft bekommen, als der leichtere. Folglich ist diejenige Schätzung falsch, nach welcher diese Kräfte in beyden gleich befunden werden d. i. sie können nicht nach dem Quadrate der Geschwindigkeiten geschätzt werden.

Die Cartesianer haben den Leibnitzianern nie mit mehr Zuversicht Trotz bieten können, als nachdem Jurin den Fall gefunden hat, wodurch man auf eine einleuchtende Art einsieht, daß die Verdoppelung der Geschwindigkeit jederzeit nur die Verdoppelung der Kraft setze. Der Herr von Leibnitz leugnete dies in dem Versuche einer dynamischen Abhandlung. Daselbst sagt er nämlich: wenn die Körper A und B gleich, die Geschwindigkeit von A aber 1, und die

von B = 2 iſt, ſo habe er nie gefunden, daß in B nur ei
Verdoppelung der Kraft ſtatt finde. Jurin wid
legte dieſe Behauptung durch folgenden einfachen Fa
er nahm eine bewegliche Fläche, z. B. einen Ka
(fig. 13.) ab an, welcher ſich nach der Richtung
mit der Geſchwindigkeit, wie 1, bewegt, und die K
gel c mit gleicher Bewegung mit ſich wegführt.
hat alſo dieſe Kugel durch die Bewegung der Flä
die Geſchwindigkeit 1, und auch die Kraft 1.
nimmt ferner auf dieſer Fläche eine Feder r an, wel
an dem Widerhalte d losſchnellt, und der gedacht
Kugel e vor ſich noch Einen Grad Geſchwindigkeit, u
alſo auch Einen Grad Kraft ertheilt. Mithin hat d
ſelbe zuſammen zwey Grade Geſchwindigkeit, und n
denſelben zwey Grade Kraft empfangen. Folgli
zieht die Verdoppelung der Geſchwindigkeit nichts me
als die Verdoppelung der Kraft nach ſich, und nic
wie die Leibnitzianer ſich fälſchlich überreden, die V
vierfachung derſelben.

Die Marquiſin von Chatelet, welche üb
haupt vielen Antheil an dieſem Streite genommen hc
machte in ihrer Naturlehre gegen Jurin's Bewe
einen unbedeutenden Einwurf. Einen etwas ſcheinb
rern brachte Richter [d]) hervor. Dieſer mein
eben dieſelbe Kraft könne im Verhältniſſe gegen v
ſchiedene Dinge ſehr ungleich ſeyn. Die Feder r ha
der Kugel e zwar in Anſehung der Dinge, die ſich n
dem Kahne zugleich in einer Richtung und Geſchwi
digkeit bewegen, eine Kraft wie 1 ertheilt, allein
Anſehung der Gegenſtände, welche außerhalb dem Ka
ne in Ruhe wären, habe die Feder der Kugel nic
eine einfache, ſondern eine dreyfache Kraft gegeben.

Alle

d) Acta eruditor. Lipſ. 1735. p. 511 ſqq.

Allein ohne thätige Ursachen lassen sich keine Wirkungen gedenken. Wenn also in Beziehung der ruhenden Gegenstände d. i. im absoluten Verstande, in dem Körper 4 Grade Kraft entstanden seyn sollten, und es wäre gleichwol nicht mehr wie 2 Grade absolute Wirkung in demselben ausgeübt worden, so müßten 2 Grade von ohngefähr und ohne alle wirkende Ursache entstanden d. h. durch Nichts hervorgekommen seyn. —

Außer Jurin hat auch der Herr von Mairan e) sehr scharfsinnige und gegründete Einwendungen gegen die Vertheidiger der Leibnitzischen Meynung gemacht. Er wurde dadurch in einen Streit mit der Marquisin von Chatelet verwickelt. Einer von seinen vorzüglichsten Beweisen, woraus erhellet, daß die Schätzung der Kräfte nicht nach dem Quadrate der Geschwindigkeit statt finde, ist dieser: Wenn man die Einbuße einer Kraft eines Körpers, indem dadurch gewisse Hindernisse überwunden worden, mißt, so weiß man mit Sicherheit, wie groß die gesammte Gewalt des überwältigten Widerstandes gewesen ist; denn der Körper hätte diesen Widerstand oder dieß Hinderniß nicht überwinden können, ohne einen ihr gleichen Grad Kraft dabey aufzuwenden, und so groß denn diese in dem Körper zernichtete und verzehrte Kraft ist, so stark ist auch das Hinderniß gewesen, das ihm dieselbe genommen hat, und auch die Wirkung, die auf dieselbe Weise verübt worden ist. Man nehme nun einen Körper an, welcher mit fünf Graden Geschwindigkeit von dem Horizonte senkrecht in die Höhe steigt, und drucke, wie gewöhnlich, den Raum, oder die Höhe, die

e) Diss. sur l'estimation et la mésure des forces motrices des corps, Paris 1741.

die er erreicht, durch den Inhalt des Dreyecks (fig. 14.) abc aus, in welchem die Linie ab die verfloſſene Zeit, bc aber die Geſchwindigkeit, womit er ſich zu der Höhe erhebt, ausdrucke. Die gleichen Linien ad, df, fh u. ſ. w. ſollen die Elemente der ganzen Zeit ab andeuten, folglich die kleinen Dreyecke, aus welchen die Fläche des großen zuſammengeſetzt iſt, und die alle ſo groß ſind, wie ade, die Elemente des ganzen Raums, oder die Anzahl aller Federn, die den Körper binnen der Zeit ab zudruckt. Folglich druckt der Körper in dem erſten Zeittheilchen bk, darin er anfängt, in die Höhe zu ſteigen, die 9 Federn zu, die er in dem Raume klbc antrifft. Er würde aber, wenn die Zurückhaltung dieſer Federn in ihm keine Kraft verzehrt hätte, oder wenn dieſer Verluſt immer wo anderſher wäre erſetzt worden, annoch die Feder lmc dazu zugedruckt haben, die er jetzt nicht zudrucken kann, weil ihm gerade ſo viel Kraft, als er hiezu haben muß, bey der Zudruckung der andern aufgegangen iſt. Alſo iſt die Feder lmc das Maas derjenigen Kraft, die der Widerſtand der zugedrückten 9 Federn in dem Körper verzehrt hat. Nachdem er nun dieß verrichtet hat, ſo fährt er fort, mit dem Ueberreſte ſeiner Kraft, der ihm nach dem angezeigten Verluſte übrig geblieben iſt, weiter in die Höhe zu ſteigen, und druckt in dem zweyten Zeittheilchen kh die 7 Federn, die in dem Raume hikl angetroffen werden, zu. Hier iſt nun aufs neue klar, daß, wenn der Körper dieſe 7 Federn hätte zudrücken können, und ihm doch ſeine Kraft ganz verblieben wäre, er in eben derſelben Minute noch die Feder lin dazu zugedruckt und überwältigt haben würde; allein da er dieſes nicht gethan hat, ſo folgt, daß er durch die Zudrückung der übrigen 7 Federn den Grad verlohren habe, deſſen Ergänzung ihn in den Stand würde geſetzt

ſetzt haben, lin noch dazu zu überwältigen; folglich zeigt dieſe Feder die Größe des Verluſtes an, den der Widerſtand der 7 Federn ſeiner Kraft zugezogen hat. Auf eben dieſe Weiſe wird die Feder igo die Einbuße der Kraft durch die Zurückhaltungen der Schwere in dem dritten Zeittheilchen fh zu erkennen geben, u. ſ. w. So iſt alſo der Verluſt, den der frey in die Höhe ſteigende Körper erleidet, indem er das Hinderniß der Schwere überwindet, wie die Summe der nicht zugedruckten Federn lmc + iln + gio + egp + aeq, folglich auch die Größe des Hinderniſſes ſelbſt, welches er überwunden hat, und mithin ſeine Kraft, in demſelben Verhältniſſe. Und da die nicht zugedruckten Federn das Verhältniß der Zeiten oder Geſchwindigkeiten haben, ſo iſt die Kraft des Körpers auch wie dieſe.

Maclaurin f) hat den Vertheidigern des Leibnitziſchen Kräftenmaaßes vollſtändig gezeigt, daß ſie den Grundlehren der Statik und Mechanik, ihrem Lieblingsſatze zu gefallen, oft viele Gewalt angethan haben.

Unter allen, welche das Leibnitziſche Maaß vertheidigten, erklärt ſich Daniel Bernoulli darüber am richtigſten. Wenn man dasjenige lieſt, was er in der Abhandlung examen principiorum mechanicae (Comment. Acad. Petrop. T. I. p. 130—132,) davon ſagt, ſo ſieht man, daß er ſelbſt den ganzen Streit für einen Wortſtreit hält.

Nach Karſten g) iſt hiebey ſogar über ein Hirngeſpinſt geſtritten worden. Man könne, ſagt dieſer, dem

f) Account of Sir Iſaac Newtons Philoſophy. Diſcoveries Book II. Chap. 2.

g) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Th. IV. Mechanik. Abſchn. XVII. §. 269 ff.

dem bewegten Körper gar keine Kraft beylegen, mit welcher er fortgehe, ſich hebe, andere ſtoße u. d. gl. Alles, was er von dieſer Art thut, geſchehe vermöge ſeiner Trägheit, und weiter ſey in ihm nichts, was den Nahmen einer Kraft verdiene. Wolle man aber der bewegten Maſſe deßwegen eine Kraft zuſchreiben, die noch in etwas anderm, als in der bloßen Trägheit, beſtehen ſolle, weil ſie den Zuſtand der Bewegung anderer Körper ändern könne, ſo müſſe man aus eben der Urſache der ruhenden Maſſe gleichfalls eine Kraft beylegen. Denn die ruhende Maſſe könne ſo gut den Zuſtand der Bewegung anderer Maſſen ändern, ſo gut es die bewegte thun könne. Zwar rede man im gemeinen Leben ſo: die bewegte Maſſe M ſtoße die ruhende N fort, oder M ſetze N in Bewegung. Allein wenn man die Sache nach richtigen Begriffen beurtheilen wolle, ſo müſſe man wegen dieſer Redensarten nicht in der Maſſe M allein die Urſache der in N hervorgebrachten Bewegung ſuchen; ſondern vielmehr in beyden zugleich, weil beyde undurchdringlich wären. Habe dieß ſeine Richtigkeit, warum ſolle denn nicht auch die ruhende Maſſe N eine Kraft haben? da ſie doch die Bewegung der Maſſe M vermindere, und eben das, was die Schwere thue, wenn ein Körper aufwärts geworfen werde. Wäre N, wie der geometriſche Raum, durchdringlich, ſo wäre N nicht in Bewegung gekommen, und M hätte ſeine Bewegung unverändert behalten.

Dieſelben Erinnerungen hat auch ſchon Euler [h] gemacht.

Ei

h) Sur la force de percuſſion, et de ſa veritable meſure in den Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc, de Berlin a. 1745. p. 21 ſq.

Ein bloß druckender Körper, fährt Karsten fort, drucke ja nicht selbst, sondern das, was drucke, müsse wenigstens in Gedanken von ihm unterschieden werden. Es sey wenigstens etwas anders, als was wir Trägheit nennten. Falle das Hinderniß weg, was den Druck aufhalte, so sey wiederum der Körper nicht selbst dasjenige, was ihn bewege. Eben das, was vorhin druckte, sey zugleich dasjenige, was ihn bewege. Höre dieß einmal auf, den Körper weiter zu beschleunigen, so behalte zwar der Körper die letzte Geschwindigkeit, und gehe damit vermöge seiner Trägheit gleichförmig fort. Allein was solle nun in dem Körper sitzen geblieben seyn, das den Nahmen einer lebendigen Kraft verdiene? Man habe also gestritten, wie Kräfte mit einander verglichen werden müssen, und habe nicht daran gedacht, ob nicht das, was man messen wolle, vielleicht überall eine Chimäre sey?

Uebrigens behauptet Karsten, daß die statische Theorie von Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte überall bey dieser Streitigkeit übel angebracht sey. Diese Lehre lasse sich nur da anwenden, wo von Pressungen die Rede sey, und das wären die sogenannten lebendigen Kräfte nicht. Es sey gewiß sehr sonderbar, wenn die Diagonale und die Seitenlinien eines Parallelogramms facultates agendi vorstellten, und die letztern so verglichen werden sollten, wie man Pressungen vergleiche. Daher falle alles von selbst weg, was aus dieser Theorie sowohl für als gegen das Leibnitzische Kräftenmaas, geschlossen worden sey. In der ganzen Statik und Mechanik kenne er keine andern Kräfte, als Pressungen, die entweder durch Hindernisse aufgehalten würden, oder die Massen wirklich bewegten, und deren Natur in beyden Fällen einerley sey und bleibe.

Auf

Auf dieſe Begriffe, nebſt dem, was Trägheit hei laſſe ſich die ganze Mechanik bauen, und die ganze h herrſchende Verwirrung komme ſeiner Meynung nach d auf an. Von einer mechaniſchen Kraft hätten wir ein bloß ſinnlichen Begriff, ſo wie z. B. von einer gerad Linie. Daher könnten wir aus dieſem Begriffe eige lich nichts ſchließen, wir müßten vielmehr die erſt Grundſätze der geſammten Mechanik ſo gut, wie d erſten geometriſchen Grundſätze, aus ſinnlichen Er pfindungen hernehmen. Druck, Zug, Stoß ſeye Wörter, die wir im gemeinen Leben da gebrauchte wo eigentlich von einer bewegenden Kraft die Rede ſey und dieß ſey allemal etwas thätiges. Wir brauchte aber das Wort Kraft auch in unzähligen andern Fäl len, wo es ein bloßes Vermögen bezeichne, wir ſchrie ben Geiſtern Kräfte zu, dem einen eine größere, dem andern eine kleinere, wenn der eine mehr thun könne, als der andere. Dieſe Kräfte kennten wir noch weni ger, als die mechaniſchen; wir hätten eigentlich, wenn wir es aufrichtig herausſagen wollten, gar keinen Be griff davon. Dieſe Art Kräfte aber habe man mit den mechaniſchen unter ein genus gebracht, und ſie auf ähnliche Art, wie die mechaniſchen, unter einander vergleichen wollen. So etwas, das in dieſem ſehr allgemeinen Verſtande Kraft heißen ſolle, habe man einem bewegten Körper auch zugeſchrieben. Dieß heiße aber, den metaphyſiſchen Begriff einer Kraft mit dem mechaniſchen verwirren, und die Mechanik in eine eben ſo dunkle Wiſſenſchaft verwandeln, als viele me taphyſiſche Syſteme es ſeyen.

Bey Riccati i) findet man eine ziemlich voll ſtändige Sammlung alles deſſen, was ſich über das Maas

i) Dialogo di *Vinzenzio Riccati*: done ne' congreſſi di piu-

Maas der Kräfte sagen läßt. Zanotti k) hat manche Erinnerungen gemacht, welche ganz das enthalten, was Riccati für das Maas der lebendigen Kräfte beygebracht hatte; und er hat sich bemüht, die Frage blos durch metaphysische Untersuchungen zu erläutern, ohne aus der Geometrie und Mechanik etwas weiter anzunehmen, als die bekanntesten und gemeinsten Lehren.

Dieser ganze berichtigte Streit endigte sich endlich damit, daß man einsah, er sey ein bloßer Wortstreit gewesen, und daß in einem gewissen Sinne beyde Theile Recht haben. Bedeutet nämlich dx das Element des Raums, welchen ein Körper durchläuft, dt das Element der Zeit und p die Kraft des Körpers, so ergiebt sich aus der mechanischen Grundformel, welche die Geschwindigkeit ausdruckt, oder aus $c = \sqrt{2 \int p dx}$ der Ausdruck $c = 2\sqrt{2 \int p dx}$, wenn 4p statt p gesetzt wird, d. h. eine vierfache Kraft theilt einer Masse eine vierfache Geschwindigkeit mit, als eine einfache Kraft eben derselben mittheilet. Laufen nun beyde Massen nach entgegengesetzter Richtung mit der erlangten Geschwindigkeit zurück; so widersetzt sich der letzten in jedem Augenblicke eine viermal so große Kraft als der ersten, und wenn beyde zur Ruhe kommen, so hat jene viermal so viel Widerstand, als diese, überwunden. Hiebey wird die verflossene Zeit nicht betrachtet. In gleicher Zeit aber theilt die Kraft 2p der Masse M doppelt so viele Geschwindigkeit mit, als ihr p mittheilen würde, nach der Grundformel $c = \int p dt$.

Wenn

piu' gierante delle forze vive e dell' azioni delle forze morte si tieu discorso. Bologna 1749.

k) Della forza de' corpi che chiamano vivi libri tre, del signore *Francesco Maria Zanotti* etc. Bologna 1752.

Wenn nun beyde Maſſen, wie zuvor, zurücklaufen, ſo kommen ſie in gleicher Zeit zur Ruhe, und wenn dies erfolgt, ſo hat jene Maſſe doppelt ſo viel Widerſtand, als dieſe, überwunden. Auf ſolche Art iſt alſo der Streit gehoben, wenn nur beyde Theile auf die Zeit der Bewegung Rückſicht nehmen.

Centralbewegung.

Newton hatte ſeine Theorie von der Mechanik des Himmels vermittelſt der Synthesis dargeſtellt. Es iſt aber ſehr wahrſcheinlich, daß er die meiſten ſeiner Lehrſätze durch die Analyſe gefunden habe, aber ſeine Vorliebe zur Synthesis und ſeine große Achtung für die Geometrie der Alten beſtimmten ihn, dieſe Lehrſätze, und ſelbſt ſeine Fluxionsmethode, in die ſynthetiſche Form einzukleiden. Es iſt zu bedauern, daß er bey ihrer Darſtellung nicht den Weg, auf welchem er dazu gelangt war, eingeſchlagen hat. Denn die Methode, welche ein ſo ſcharf denkender Mann befolgte, iſt der Aufnahme der Wiſſenſchaften und ſelbſt ſeinem eigenen Ruhme nicht weniger zuträglich, als ſeine Entdeckungen. Newton's Neigung zur Synthesis läßt ſich mit der Schönheit und Leichtigkeit entſchuldigen, womit er ſeine Unterſuchungen über die Bewegung der Körper in den Kegelſchnitten an die Unterſuchungen der alten Geometer über die Natur dieſer Curven anknüpfen konnte. Die geometriſche Synthesis hat überdem noch den Vorzug, daß ſie ihren abzuhandelnden Gegenſtand beſtändig vor Augen behält, und den ganzen Weg, von den erſten Grundbegriffen und Grundſätzen an, bis zu den letzten Folgerungen erleuchtet: anſtatt daß die Analyſe uns den Gegenſtand vergeſſen läßt, um uns mit abſtracten Combinationen zu beſchäfftigen, und uns erſt am Ende wieder zu demſelben zurückbringt. Indem man

man sich aber auf solche Art von den Gegenständen absondert, nachdem man von ihnen so viel herausgenommen, als unentbehrlich ist, um zu dem zu suchenden Resultate zu kommen; indem man sich sofort den Operationen der Analyse überläßt, und alle seine Kräfte anwendet, um die Schwierigkeiten, die sich dabey vorfinden, zu überwinden; so wird man durch die Stärke und Allgemeinheit dieser Methode auf Resultate geführt, welche der Synthesis oft unzugänglich sind. Die Theorie der Mechanik des Himmels stellt eine Menge Beyspiele dieser Vorzüge der Analyse auf, welcher diese Theorie eine Vollkommenheit verdankt, die sie nie erreicht haben würde, wenn man darauf bestanden hätte, die von Newton vorgezeichnete Bahn zu verfolgen.

Etwa funfzig Jahre verflossen von der Entdeckung der allgemeinen Schwere an, ohne daß man etwas merkwürdiges zu derselben hinzusetzte. Diese ganze Zeit war dieser großen Wahrheit nöthig, um allgemein gefaßt zu werden, und zugleich die Analyse zu einem gewissen Grad der Vollkommenheit zu bringen, um sie mit dem glücklichsten Erfolge auf die himmlischen Bewegungen anzuwenden. Vorzüglich bemüheten sich Bernoulli und Euler, und mehrere andere französische Gelehrte, die Centralbewegungen auf Differenzialgleichungen zu bringen, welche sich genau oder durch convergirende Näherungen integriren ließen. Auf solche Art gelang es ihnen, alle bekannten Erscheinungen des Weltsystems aus dem allgemeinen Gesetze der Schwere zu erklären.

Zur Erläuterung der Centralbewegungen hat man auch auf Vorrichtungen gedacht, welche unter dem Nahmen der Centralmaschinen bekannt sind. Eine

ſolche beſchreibt ſchon s'Graveſande. Auch Nollet [1]) giebt von einer Einrichtung dieſer Art eine Beſchreibung, welches beſonders berühmt geworden iſt. Fig. 15. ſtellt einen dazu gehörigen Träger vor, welcher ſich mitten auf die umzudrehende Scheibe ſtecken läßt. Von c bis d iſt ein glatter Eiſendrath gezogen, unter welchem auf dem Träger ſelbſt eine in Zolle getheilte Linie hingeht. An dieſen Drath laſſen ſich durchbohrte elfenbeinerne Kugeln f und e ſtecken, welche leicht und ohne ſtarke Reibung daran hingleiten. Setzt man von zwey gleich großen Kugeln, welche mit einem ſeidenen Faden verbunden ſind, die eine über den Mittelpunkt a, die andere um die Länge des Fadens vom Mittel entfernt, ſo wird bey Umdrehung der Scheibe und des Trägers die entferntere Kugel gegen das nächſte Ende des Trägers zu fliehen, und die andere mit ſich fortreißen. Wird der Faden zerſchnitten, ſo geht zwar jene nach dem Ende zu, läßt aber die in a zurück. Werden beyde, ſo wie es die Figur darſtellt, in gleiche Entfernungen von a gebracht, ſo bleiben ſie beyde ſtehen, ſo ſchnell auch die Umdrehung erfolgt. Zerſchneidet man den Faden, ſo geht f nach c und e nach d.

Nimmt man ſtatt der elfenbeinernen Kugeln zwey gleich groß meſſingene, die aber ſo ausgehölt ſind, daß ſich ihre Maſſen wie 1 zu 2 verhalten, und ſtellt ſie in gleiche Entfernungen vom Mittel, ſo flieht bey der Umdrehung die ſchwerere gegen das nächſte Ende, und reißt die leichtere mit ſich fort. Stellt man aber die leichtere in eine doppelte, und die ſchwerere in eine einfache Entfernung vom Mittelpunkte, ſo bleiben beyde an ihre Stellen.

Füllt

1) Leçons de phyſique exper. T. II. leç. 5. ſect. 2. exp. 1.

Füllt man in eine gläserne Röhre flüssige Materien von verschiedenen specifischen Gewichten z. B. Queckſilber, Waſſer und Luft, und befeſtigt dieſe Röhre verſchloſſen auf den Träger in einer ſchiefen Lage, wie gd, ſo wird bey ſchneller Umdrehung das Queckſilber den höchſten, und die Luft die niedrigſte Stelle in derſelben einnehmen.

Alle dieſe Verſuche ſtimmen mit der Theorie der Schwungkraft bey der Kreisbewegung völlig überein. Es iſt nämlich hier die Schwungkraft wie das Produkt der Maſſe in die Entfernung vom Mittelpunkte.

Bey dem Verſuche mit der Glasröhre, welche Flüſſigkeiten von verſchiedenen ſpecifiſchen Gewichten enthält, bewegen ſich die leichtern Materien mit größerer Geſchwindigkeit; aber die Schwungkraft der ſchwereren wird wegen ihrer beträchtlichen Maſſe in einem weit größern Verhältniſſe verſtärkt. So treibt die erſte ans Waſſer grenzende Lage des Queckſilbers das Waſſer aus der Stelle, ihr folgt die zweyte nach u. ſ. f. bis endlich die ſchwerſte Materie an die äuſſerſten Theile des Umkreiſes gedrungen ſind.

Auch hat man Vorrichtungen angegeben, durch welche ſich elliptiſche Bewegungen auf der Centralmaſchine hervorbringen laſſen. Allein in der Ausführung ſind ſie vielen Schwierigkeiten ausgeſetzt, und verbreiten überdem nicht das geringſte Licht über die Natur der Centralbewegungen.

Pendelbewegung.

Mit der größern Entwickelung der Analyſe war auch die Vervollkommnung der allgemeinen Theorie der Pendelbewegung verbunden. Es war längſt bes-

kannt, daß die Zeitdauer des ſchwingenden Pendels durch Kreisbogen größer ſey, je größer der Bogen iſt. Die Beſtimmung dieſer Zeiten und ihrer Verhältniſſe zu den Bogen beym Falle des Pendels wurden erſt allgemein durch Euler m) erwieſen. Das Reſultat ſeiner Unterſuchungen iſt folgendes: wenn nämlich ein Körper durch den Bogen (fig. 16.) ab eines Kreiſes fällt, welcher db = 2α zum Durchmeſſer hat, und die Zeit des Falles durch dieſen Durchmeſſer durch $\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$ ausgedruckt wird (wo g den in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg des freyen Falles andeutet), ſo wird hiezu eine Zeit erfordert, welche durch das Produkt der unendlichen Reihe $(1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{bf}{2\alpha} + \frac{9}{64} \cdot \frac{bf^2}{(2\alpha)^2} + \frac{225}{2304} \cdot \frac{bf^3}{(2\alpha)^3} + \ldots) \frac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$ angegeben wird, wo π die Ludolphiſchen Zahlen 3,141592... für die Peripherie des Kreiſes vom Durchmeſſer 1 bedeutet. Beym Falle durch den Quadranten gb wird die Höhe bf zu bc = α; mithin verwandelt ſich die Zeit des Falles durch dieſen Quadranten in $(1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} + \frac{9}{64} \cdot \frac{1}{4} + \frac{225}{2304} \cdot \frac{1}{8} + \ldots.) \frac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$. Da $\frac{1}{4}\pi$ mit jener Reihe multiplicirt noch nicht völlig 1 giebt, ſo ſieht man, daß die Zeit des Falles durch den Quadranten des Bogens kleiner iſt, als $\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$, oder als die Zeit durch den Durchmeſſer db.

Wenn

m) Mechanica. T. II. §. 161 ſqq.

Wenn der Kreisbogen unendlich klein angenommen wird, so verwandelt sich jene Reihe in 1 und die Zeit des Falles durch denselben in $\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$, und daraus folgt der Satz: die Zeit des Falles in unendlich kleinen Bogen des Halbkreises verhält sich zur Zeit des lothrechten Falles durch den Durchmesser des Kreises, wie der vierte Theil der Peripherie zu ihrem Durchmesser. Wendet man nun diesen Satz auf den ganzen Schwung eines Pendels an, so ergiebt sich daraus das Gesetz, welches schon Huygens entdeckte, und Th. I. S. 336. angeführt ist.

Bey der Voraussetzung also, daß ein Pendel in unendlich kleinen Kreisbogen schwingt, findet Euler die Zeitdauer eines ganzen Schwunges, d. h. eines Hin- und Herganges, $= \pi\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$. Beym Sekundenpendel, welches den Hin- und Hergang in 2 Sekunden vollendet, wird $2 = \pi\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$ oder $4 = \pi^2 . \frac{2\alpha}{g}$, und $\frac{2g}{\pi^2} = \alpha$. Daraus folgt $g : \alpha = \frac{1}{2}\pi^2 : 1$ oder: der Fallraum g in einer Sekunde verhält sich zur Länge des Sekundenpendels α, wie das halbe Quadrat der Peripherie zum Quadrate des Durchmessers. Aus der bekannten Länge des Sekundenpendels findet man also hiernach sehr leicht, wie viel Fuß der Körper in der ersten Sekunde seines Falles durchlaufe.

Da aber die Bestimmung der Länge eines Sekundenpendels viel Genauigkeit erfordert, so zeigte Euler, wie sich aus der bekannten Länge irgend eines Pendels die Länge des Sekundenpendels bestimmen

laſſe; er hatte nämlich bewieſen, daß ſich die Schwingungszeiten zweyer Pendel zu einander verhielten, wie die Quadratwurzeln der Längen der Pendel. Bedeutet alſo f die Länge eines Pendels, und die Anzahl der halben Schwünge binnen der Zeit $t = n$, ſo daß alſo die Dauer eines halben Schwunges $= \frac{t}{n}$ iſt, und die Länge des Sekundenpendels $= x$, ſo hat man $\frac{t}{n}$ Sek. : 1 Sek. $= \sqrt{f} : \sqrt{x}$, alſo $\frac{t^2}{n^2} : 1 = f : x$, und $x = \frac{n^2 . f}{t^2}$. Wäre $t = 1$ Stunde $= 3600$ Sek., ſo fände man die Länge des Sekundenpendels $x = \frac{n^2 . f}{12960000}$.

Der Herr von Mairan [n]) fand die Länge des Sekundenpendels in Paris aus vielen und ſehr genauen Verſuchen 3 Fuß 0 Zoll $8\frac{17}{30}$ Linien.

Die Wahrnehmungen, welche die Gelehrten dieſes Zeitraums mit dem Sekundenpendel an verſchiedenen Orten der Erde gemacht haben, um ſelbſt hieraus auf die Geſtalt der Erde zu ſchließen, ſollen weiter unten erzählt werden.

Da die Zeiten des Schwunges immer größer werden, wenn die Schwingungsbogen eine merkliche Größe haben, folglich die Schwingungen des Pendels nicht mehr iſochroniſch ſeyn können, ſo berechnete de la Lande [o]) folgende Tabelle, welche die Zögerung zeigt, die aus der Zunahme der Schwingungsbogen bey einem und

n) Memoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1735.
o) Calcul aſtronomique. à Paris 1762. §. 253.

und demselben Sekundenpendel an einerley Ort für einen Tag, in Vergleichung mit dem wahren Sekundenpendel, das mathematisch genommen unendlich kleine Bogen beschreibt, entsteht. Die Zunahme der Bogen ist nach der Breite eines halben oder einfachen Schwunges bestimmt, und die Länge des Pendels zu 3 Fuß 8 Linien Par. Maaß.

Einfacher Schwung			Tägliche Verzögerung
Zoll		Linien	Sekunden
0	—	4	0,1
0	—	8	0,5
1	—	0	1,0
1	—	4	1,8
1	—	8	2,8
2	—	0	4,0
2	—	4	5,5
2	—	8	7,1
3	—	0	9,0 u. s. w.

wie sich leicht weiter finden läßt, wenn man die Zahl der Zolle mit sich selbst multiplicirt, da denn das Produkt die Sekundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdruckt.

Um aber die wahre Länge des einfachen Sekundenpendels, welches in einem freyen Mittel schlägt, und wobey die Erde als ruhend angenommen wird, zu finden, müssen nothwendig einige Berichtigungen vorgenommen werden.

Es war schon längst bekannt, daß Pendel im luftleeren Raume schneller, als im luftvollen, schwingen, ja daß ein Pendel von mehr Gewicht in der Luft schnellere Schwingungen machen kann, als ein gleich langes leichteres; obgleich das Gewicht auf die

Schwungbewegung an ſich keinen Einfluß hat. Verſuche mit Pendeln im luftleeren Raume hat Derham [p]) angeſtellt. Bouguer [q]) giebt die Länge des Sekundenpendels für Paris 440,67, am Aequator 439,21 Lin. an. Auch widerſteht dichtere Luft ſtärker, als dünnere. Bouguer's Pendel, welches Bogen von 2 Zoll beſchrieb, ward auf dem Pichincha erſt nach 22 bis 23 Minuten ſo ſtark retardirt, daß die Bogen nur 1 Zoll betrugen; am Geſtade des Meeres in dichterer Luft geſchahe dies ſchon in 14 bis 15 Minuten. Indeſſen bemerkt Bouguer, daß der Widerſtand der Luft keinen merklichen Einfluß darauf habe, daß die Schwünge ungleichzeitig würden; denn wenn gleich die Dauer des Niederganges durch dieſen Widerſtand etwas länger werde, ſo werde doch die des Aufſteigens dadurch wieder kürzer. Eine ganz andere Bewandtniß aber habe es mit der hydroſtatiſchen Wirkung der Luft, wodurch ein Theil der Gravitation des Pendels aufgehoben werde. Dadurch, daß das Pendel Luft aus der Stelle dränge, verliere es einen Theil des Gewichts, und bewege ſich mit einem Verluſte der Gravitation. Daher ſey zu der beobachtenden Länge des Sekundenpendels noch etwas hinzuzuſetzen, um die Länge deſſen zu finden, das im leeren Mittel ſchwinge. Dieſer hinzuzuſetzende Theil verhalte ſich zur Länge des einfachen Pendels in der Luft, wie das ſpecifiſche Gewicht der Luft zum ſpecifiſchen Gewichte der Materie, woraus das Pendel beſtehe.

Auch wegen der Wirkung der Centrifugalkraft auf der Erde, welche von der Umdrehung der Erde um ihre Axe herrührt, erfordert die Länge des Sekunden-

pendels

p) Philoſoph. Tranſ. n. 294.

q) Traité de la figure de la terre. à Paris 1749. 4. S. 399. ff.

pendels einige Correction, wie schon Hermann [r]) bemerkt. Um also die wahre Länge des einfachen Sekundenpendels zu bestimmen, welche statt finden müßte, wenn die Erde ruhete, muß man den Bruch $\frac{1}{289}$ (als das Verhältniß der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator) mit dem Quadrate des Cosinus der geographischen Breite des Ortes multipliciren, und die gefundene Größe zu der beobachteten Länge des Pendels zusetzen. De la Lande [s]) hat hiernach folgende Tafel berechnet:

unter dem Aequator	:	0 Grad	0 Min.	1,53 Linien
zu Portobello	:	9 —	34 —	1,48 —
zu Klein-Geave	:	18 —	27 —	1,38 —
am Borg. d. gut. Hofn.		33 —	55 —	1,04 —
zu Paris	:	48 —	50 —	0,67 —
zu London	:	51 —	31 —	0,59 —
in Schweden bey	:	60 —	0 —	0,38 —
zu Pello in Lappland		66 —	48 —	0,24 —

Ein Hinderniß in der Bewegung der Pendel ist auch das Reiben am Aufhangungspunkte. Der englische Künstler Grahäm, welcher um die Verbesserung der Werkzeuge so große Verdienste hat, suchte das Reiben der Pendel dadurch zu vermindern, daß er den Stangen ein Paar stählerne Zapfen gab, welche unterwärts gekehrte Schneiden hatten, und mit diesen auf wagrechten stählernen Platten auflagen. Auf solche Art wiegten sich beym Schwunge die Zapfen hin und her, wie am Wagebalken. Mit einem solchen Pendel beobachtete de Maupertuis [t]) in Pello. Es

war

r) Phoronomia. Amstel. 1716. 4. p. 368. sqq.

s) Calcul astronomical. p. 203.

t) Mesure sur la pesanteur in d. Oeuvres. Lyon. 1768. 8. T. IV. p. 336. sqq.

war dieſes mit zwey Gewichten verſehen; mit dem ſchwerern beſchrieb es einen Bogen von $4\frac{1}{3}°$, mit dem halb ſo ſchweren einen Bogen von 3 Grad, und ſchlug im letztern Falle täglich 3 bis 4 Sekunden mehr.

Hauptſächlich wirken aber auf den Gang der Pendel die Abwechſelungen der Wärme und Kälte, wie man ſchon längſt wahrgenommen hatte. Caſſini[u]) bemerkt, daß die gewöhnlichen Pendeluhren in einem Tage im Winter zu Paris über $\frac{1}{4}$ Minute mehr Schwingungen machen, als im Sommer. Um alſo genaue Pendelbeobachtungen anzuſtellen, und ſie mit einander zu vergleichen, hielt der Herr von Maupertuis ſein Pendel beſtändig in gleicher Wärme; er erinnert aber, daß man in dieſer Abſicht unabläſſig nach dem Thermometer ſehen, auch Thermometer und Pendel in gleichen Höhen über dem Fußboden und in gleicher Entfernung vom Feuer halten müſſe.

Da aber bey den gewöhnlichen Pendeluhren die Wärme und Kälte verurſachen, daß die Schwingungen der Pendel nicht gleichzeitig ſeyn können, ſo verfiel Graham[x]) darauf, die Pendelſtangen von Ebenholz oder Nußbaum zu machen, weil das Holz nach der Länge der Faſern durch die Wärme nicht merklich ausgedehnt wird; allein er fand, daß es wieder dem Fehler ausgeſetzt war, daß es ſich durch den Wechſel der Feuchtigkeit und Trockenheit wirft und krümmt. Er verſuchte daher, ein Thermometer ſo am Pendel anzubringen, daß der Mittelpunkt des Schwunges durchs Aufſteigen des Queckſilbers um eben ſo viel erhoben werden ſollte, als er durch die Verlängerung der Stange von der Wärme tiefer gebracht worden ſey, damit er

u) Hiſtoire de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1741.
x) Philoſoph. Transact. for the year 1726. u. 392.

er durch eine Art von Compensation immer an einerley Stelle und in gleichem Abstande vom Aufhängungspunkte erhalten würde.

Um diese Zeit machte Musschenbroek einen Versuch bekannt, wobey er gefunden hatte, daß sich bey einem gleichen Grad von Wärme das so genannte Prinzmetall stärker, als das Eisen ausdehne. Diesen Umstand benutzte der scharfsinnige Graham, und suchte durch eine Verbindung von mehreren Stangen solcher Metalle die angeführte Compensation zu bewirken. Daraus entstand eine Art von Pendeln, die man rostförmige Pendeln nennt, weil sie wegen der mehreren parallelen Stangen einem Roste ähnlich sind. Grahams rostförmiges Pendel ist fig. 17. abgebildet. Es besteht aus fünf eisernen in der Figur durch starke schwarze Striche unterschiedenen, und vier messingenen parallelen Stäben. Die eisernen sind oben fest, mithin treibt die Wärme ihre untern Enden herabwärts, und erniedriget den Mittelpunkt des Schwunges. An den untern Enden der eisernen Stäbe sind Füße, auf welchen die messingenen Stäbe aufstehen. Diese letztern sind also unten fest, daher treibt die Wärme ihre obern Enden aufwärts, und erhöhet dadurch sowohl den Mittelpunkt des Schwunges, als auch die Querstäbe, welche die folgenden Eisenstäbe halten. Die Längen der Stäbe sind so proportionirt, daß die Ausdehnung des Messings den Mittelpunkt des Schwunges gerade um so viel hebt, als ihn die Ausdehnung des Eisens erniedrigt.

Diese von Graham angegebene Einrichtung ist nach der Zeit so verbessert worden, daß nicht das ganze Pendel rostförmig wird, sondern nur der obere Theil am Aufhängungspunkte. Bey einer solchen von Shel-

ton gefertigten Uhr fand Käſtner den Gang im Jänner 1773. täglich nur um 2,1 Sekunden ſchneller, als im Auguſt.

Noch eine andere Einrichtung von Romain aus Caſſini y) beſchreibt Muſſchenbroek z). Am eiſernen Stabe (fig. 18.) ab iſt hinten ein meſſingener Stab ce bey c feſt; an der Vorderſeite trägt der eiſerne Stab ſo das Gewicht o. Die Hülſen gh, mn, umſchließen blos die Stäbe, ohne ihr Verſchieben aneinander zu hindern, in der Hülſe tp aber ſind alle drey Stäbe mit Zapfen feſt. Wenn die Wärme zunimmt, dehnt ſich ce mehr aus, als ab, daher wird der Zapfen t niedergeſchoben, hingegen p mit dem Gewichte o erhoben. Muſſchenbroek berechnet aus dem Ausdehnungsverhältniſſe des Meſſings zum Eiſen, welches er wie 46 : 27 ſetzt, wenn ao = 39 Zoll, ct = 27 Zoll iſt: ſo müſſe ſich tr : rp wie 19 : 39 verhalten.

Wurfbewegung.

Durch Newton's Entdeckung des Geſetzes der allgemeinen Schwere erhielt die Lehre der Wurfbewegung ein weit ausgebreiteteres Licht, und eine größere Allgemeinheit. Vor Newton hatte man ſich blos mit Unterſuchung des einzigen Falles beſchäfftigt, da der Weg des geworfenen Körpers eine wahre Parabel iſt; welches eben ſo viel hieß, als annehmen, die Richtung der Schwere ſey in allen Punkten der Bahn des geworfenen Körpers unter ſich parallel. Dagegen zeigte Newton, daß die Wurfbewegung eine wahre Centralbewegung ſey, wenn man vorausſetze, daß die Richtung der Schwere ſtets nach dem Mittelpunkte der Erde gerich-

y) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris 1741.

z) Introduct. ad philoſoph. natur. T. I.

gerichtet ist, und die Schwere in dem verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung von diesem Mittelpunkte wirke, in welchem Falle also der geworfene Körper eine Ellipse um den Mittelpunkt der Schwere beschreiben müsse. Bey dem gewöhnlichen Wurfe auf unserer Erde aber werde das beschriebene Stück dieser Ellipse so klein, daß es mit dem Halbmesser der Erde gar nicht in Vergleichung komme, und so könne man ohne merklichen Fehler annehmen, der Mittelpunkt der Erde sey unendlich entfernt, oder die große Axe der Ellipse werde unendlich. Wenn aber dies statt finde, so nähere sich vermöge der höhern Geometrie die Ellipse einer Parabel, und es ließen sich alsdenn endliche Stücken von ihr als parabolisch betrachten. Es sey also der Weg horizontal oder schief geworfener Körper auf der Erdfläche parabolisch. Auch vor Newton hatte man die Bahn geworfener Körper als eine wirkliche Parabel angenommen, und zugleich behauptet, daß der Widerstand der Luft keinen merklichen Einfluß auf den Wurf habe, und daß folglich die parabolische Bahn dadurch keine merkliche Aenderung erleide. Newton hatte zwar verschiedene Versuche über den Widerstand der Luft bey langsamen Bewegungen bekannt gemacht, allein daraus noch keine beträchtliche Abweichungen von der Bahn geworfener Körper ziehen können.

Indessen hatte de Maupertuis[a]) die parabolische Theorie geworfener Körper in kurze Formeln zusammengefaßt. Er betrachtet nämlich folgende Sätze:

1. Wenn ein Geschütz mit einer gewissen Geschwindigkeit in einer gegen den Horizont geneigten Rich-

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. 1731.

Richtung abgeſchoſſen wird, eine Gleichung für die paraboliſche Bahn der abgeſchoſſenen Kugel zu finden.

2. Durch eine gegebene Ladung eine beſtimmte Stelle in der Bahn zu treffen.

3. Eine ſolche Stelle zu treffen, wenn der Winkel gegeben iſt, welchen die Richtung der abgeſchoſſenen Kugel mit dem Horizonte macht.

4. Die Richtung des Schuſſes zu finden, in welcher er am weiteſten geht.

5. Die kleinſte mögliche Ladung zu finden, um eine gewiſſe Stelle zu treffen.

Um die Theorie vorzüglich horizontal geworfener Körper zu beſtätigen, erdachte man auch eigene Vorrichtungen unter dem Nahmen paraboliſcher Maſchinen. Eine ſolche beſchreibt ſchon s'Graveſande [b]). Es wird nämlich ein Bret (fig. 19.) acnd am obern Theile nach der Geſtalt einer beliebigen krummen Linie abd ausgeſchnitten, und mit Elfenbein, oder einer andern wohl geglätteten Materie ausgelegt, um das Reiben möglichſt zu vermeiden. Am Ende bey d muß aber dieſe Krümmung horizontal auslaufen. Wenn man nun einen glatten ſchweren Körper z. B. eine Metallkugel, von a aus auf abd hinabrollen läßt, ſo wird dieſer Körper bey d eine horizontale Richtung dk, und diejenige Geſchwindigkeit erhalten, welche der lothrechten Höhe ae ſeines Falles zugehört. Stellt man nun an die Seite ein anderes rechtwinklichtes Bret dnok, worauf die halbe Parabel dgmo vom Scheitel d und vom Parameter 4ae gezeichnet iſt, ſo wird die herabfallende Kugel von d aus den Weg nehmen, den dieſe

b) Phyſic. elem. mathem. Lugd. Batav. 1725. 4. T. I. cap. XX. tab. XIII.

diese Parabel vorzeichnet, und wenn man bey g, m, o Ringe anbringt, so wird sie durch dieselben hindurchfliegen.

Wenn man auf der wagrechten Seite dk des Bretes dh, hi, ik, gleich groß nimmt, so werden die lothrechten Linien hg, im, ko, wie 1, 4, 9 wachsen, und wenn dn = ae, so wird nach den Eigenschaften der Parabel no = 2ae seyn. Daher werden die Abtheilungen dh = hi = ik = $\frac{2}{3}$ ae, df = $\frac{1}{9}$ ae, dl = $\frac{4}{9}$ ae, woraus sich die Punkte g, m leicht ergeben.

Belidor c) verglich die paraboliſche Theorie geworfener Körper mit den Erfahrungen, und glaubte die Abweichungen unbeträchtlich gefunden zu haben; nur in Ansehung der Weite des Wurfs fand er dieselbe bey der größten Sonnenhitze viel kürzer, als bey einer angenehmen Kühle des Morgens und des Abends.

Endlich zeigte aber Robins d) im Jahr 1742 zuerst, wie wichtig für die Ausübung die Betrachtung des Widerstandes der Luft in der Lehre der Wurfbewegung sey. Aus seinen Versuchen, die er mit Geschützkugeln anstellte, schien zu folgen, daß die Newtonsche Theorie vom Widerstande der Luft bey langsamen Bewegungen so ziemlich richtig sey; aber desto mehr von der Erfahrung abweiche, je schneller die Bewegungen werden. Er ließ ein hölzernes Pendel verfertigen, und hieng

c) Le bombardier françois, ou nouvelle methode de jetter les bombes avec précision. à Paris 1731. 4.

d) New principles of gunnery. London 1742. Neue Grundsätze der Artillerie, a. d. engl. von Leonh. Euler mit Anmerk. und Erläut. Berlin 1745. 8.

hieng es dergeſtalt auf, daß es frey und ohne ſtarkes Reiben ſchwingen konnte. Er ſchoß Flintenkugeln gegen das Pendel ab, welche es in Schwung brachten, und er hatte alles ſo eingerichtet, daß er die Größe des dem Pendel von der Kugel mitgetheilten Schwunges meſſen konnte. Daraus berechnete er die Geſchwindigkeit, welche die Kugel dem Pendel mitgetheilt hatte, und hieraus ferner, vermöge der Lehre vom Stoße der Körper, die Geſchwindigkeit ſelbſt, womit die Kugel das Pendel angeſchlagen hatte. Aus den Reſultaten dieſer ſeiner Verſuche ſchloß er, daß bey ſo ſchnellen Bewegungen, als den Geſchützkugeln durch die Gewalt des Pulvers mitgetheilt wird, der Widerſtand der Luft faſt dreymal größer ſey, als er nach der Newtonſchen Theorie ſeyn müßte. Leonhard Euler, welcher in ſeiner Ueberſetzung von Robins Werke Anmerkungen und Erläuterungen hinzugefügt hat, iſt mit Robins einerley Meynung. Daher haben beyde, Robins und Euler, andere Theorien zu geben verſucht.

Das ſogenannte balliſtiſche Problem, oder die Aufgabe, das zu finden, was der Widerſtand der Luft in der Theorie der Wurfbewegung abändert, haben ſchon ſeit 1718 Johann Bernoulli, Hermann und Brook Taylor allgemein aufzulöſen gelehrt, und dabey die Abſicht gehabt, Auflöſungen zu geben, die ſich auf mehrere Geſetze des Widerſtandes anwenden laſſen. Eulern ſchienen aber dieſe Auflöſungen nicht befriedigend zu ſeyn, daher ſuchte er in einer eigenen Abhandlung *) die Bahn für ein beſonderes

*) Recherches ſur la veritable courbe, que décrivent les corps jettés dans l'air, ou dans un autre fluide quelconque, in den Mém. de Berlin T. IX. p. 321.

deres angenommenes Gesetz zu bestimmen. Dieselbe Abhandlung hat Henning Friederich Graf von Krävenitz in einer akademischen Probeschrift [f]) zum Grunde gelegt, Tafeln darnach zum praktischen Gebrauche berechnet, und die nöthigen Regeln für die Anwendung in der Ausübung beygefügt.

Nach Robins hat der Ritter d'Arcy [g]) in einer kleinen Schrift andere Versuche angestellt, die den Robins'schen ähnlich sind, und daraus scheint ebenfalls zu folgen, daß die Newtonsche Theorie bey schnellen Bewegungen den Widerstand viel zu klein angebe. Lambert aber hat in seinen Anmerkungen zu d'Arcy's Schrift mit großem Scharfsinne gezeigt, daß die Versuche von Robins und d'Arcy keinesweges die Newtonsche Theorie so schlechterdings umstoßen. Robins und d'Arcy brauchten bey der Berechnung der Geschwindigkeit der Kugel aus der Geschwindigkeit des Pendels, die Gesetze des Stoßes unelastischer Körper; aber Lambert zeigt, daß man hiezu nicht so schlechterdings berechtigt sey, und daß vielmehr die Aenderung der Geschwindigkeit den Gesetzen des Stoßes elastischer Körper hier desto näher komme, je größer die Geschwindigkeit sey, womit die Kugel anschlage. Auch hat Lambert [h]) eine Auflösung des ballistischen Problems versucht. Indessen hat bisher die Praxis aus den Bemühungen

dies

f) Von der Bahn der Geschützkugeln. Bützow 1764. 4.

g) Essai d'une theorie de l'Artillerie. à Paris 1761. Versuch einer Theorie der Artillerie von Lambert ins Deutsche übers. 1766. 8.

h) Mémoire sur la resistence des fluides avec la solution du probleme ballistique. in den Mém. de Berlin. au. 1765.

dieſer Gelehrten noch nicht den gehörigen Nutzen ziehen können.

Widerſtand, welchen feſte Körper erleiden, welche ſich im Flüſſigen bewegen.

Newton hatte die ungemein wichtige Theorie von dem Widerſtande, welchen feſte Körper bey ihrer Bewegung in flüſſigen Mitteln erleiden, zuerſt entwickelt, und dieſe durch Verſuche bey langſamen Bewegungen zu beſtätigen geſucht. Auch ſtimmten dieſe ſeine Verſuche mit der Theorie ziemlich überein. Daher glaubte man ſeit dieſer Zeit, daß die Theorie vom Widerſtande der flüſſigen Materien zur überzeugenden Richtigkeit gebracht ſey, bis endlich im Jahr 1742 Robins bey Unterſuchung der Bahn, welche abgeſchoſſene Kugeln in der Luft beſchreiben, ungemein groſſe Abweichungen von derſelben entdeckte, und dadurch die im vorigen Artikel bereits erzählten Bemühungen veranlaßte. Indeſſen hatte bereits Euler i) die Lehre vom Widerſtande gegen bewegte Punkte allgemein analytiſch vorgetragen. Ueberhaupt haben Bernoulli und Euler dieſen Gegenſtand mit vielem Fleiße theoretiſch unterſucht. Allein die Theorie läßt überall viel Ungewißheit zurück, und eben ſo wenig entſcheiden die Verſuche, deren vorzüglich ſehr viele in Frankreich auf mancherley Art angeſtellt worden ſind. De Borda k), d'Alembert und andere haben daraus Folgen gezogen, durch welche Newtons Theorie auf mehr als eine Art Abänderungen zu leiden ſcheint.

Die

i) Mechanica. T. I. §. 367 ſqq.

k) Exper. ſur la reſiſtance de l'air in den Mém. de Paris 1763. Exp. ſur la reſiſtance de l'eau in den Mém. de Paris 1770.

Die von Newton aus seiner Theorie abgeleiteten Gesetze (Th. II. S. 375.) sind durch die Versuche, besonders des de Borda, ungemein zweifelhaft gemacht worden, und es scheint, als ob der Formel $R = \beta\gamma v^2$ (Th. II. S. 374.) für jede Materie ein besonderer Coefficient müsse beygefügt werden, den man nicht anders, als durch Versuche bestimmen kann.

Stoß der Körper.

Der Herr von Maupertuis [1]) suchte die Gesetze des Stoßes der Körper aus seinem entdeckten Satze der kleinsten Wirkung herzuleiten. Bey den Gesetzen des Stoßes unelastischer Körper mußte Maupertuis hiebey voraussetzen, daß sie nach dem Stoße einerley Geschwindigkeit x erhalten. Da nun hier Wirkung das Produkt aus Masse, Raum und Geschwindigkeit bedeutet, die Räume aber den Geschwindigkeiten proportional sind, so wird die Masse M, welche die Geschwindigkeit C vor dem Stoße hatte, und sie um $C - x$ ändert, die Wirkung $M(C - x)^2$; die Masse m aber, welche die Geschwindigkeit c vor dem Stoße hatte, und dieselbe um $x - c$ ändert, die Wirkung $m(x - c)^2$ leiden. Die Summe beyder soll nun ein Minimum, mithin ihr Differenzial $= o$ seyn. Daraus ergiebt sich

$$-2MC\,dx + 2Mx\,dx + 2mx\,dx - 2mc\,dx = o,$$

folglich

$$Mx + mx = MC + mc, \text{ und}$$

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}.$$

Bey elastischen Körpern erweißt Maupertuis die Gleichheit der relativen Geschwindigkeit vor und nach

1) Mém. de Paris 1743. ingl. Mém. de Prusse 1746.

nach dem Stoße auf dieſe Art. Er ſtellt ſich nämlich vor, die Körper wären bloß hart, und es befände ſich zwiſchen ihnen eine Feder, welche im Stoße mit der relativen Geſchwindigkeit beyder Körper $C-c$ zuſammengedruckt würde. Dieſe Feder wird ſich nun mit gleicher Gewalt wieder ausbreiten, und die Körper mit eben der relativen Geſchwindigkeit von einander entfernen. Wenn daher die Geſchwindigkeit, welche die Maſſe m nach dem Stoße erhält $= v$, und die, welche die Maſſe M bekommt, $= V$ geſetzt wird, ſo muß $v - V = C - c$ ſeyn. Hieraus folgt $dv = dV$. Jetzt ſind nun die Wirkungen $M(C-V)^2$ und $m(v-c)^2$, und das Differenzial ihrer Summe, welches $= o$ ſeyn ſoll

$$-2MCdV - 2MVdV + 2mvdv - 2mcdv = o;$$

folglich, weil $dv = dV$,

$$MV = MC + mc - mv;$$

wird nun noch für v das gleiche $C - c + V$ geſetzt, ſo ergiebt ſich

$$MV = MC + mc - mC + mc - mV$$
$$MV + mV = MC + 2mc - mC$$
$$(M+m)V = 2MC + 2mc - MC - mC$$
$$= 2(M+m)x - (M+m)C, \text{ alſo}$$
$$V = 2x - C, \text{ und}$$
$$v = C - c + V = 2x - c,$$

wie erfordert wird (Th. I. S. 374.).

Obgleich ſchon geraume Zeit die Geſetze des geraden Stoßes entwickelt waren, ſo hatte man doch bisher noch keine Unterſuchungen über den eccentriſchen Stoß angeſtellt. Hiezu mußte aber nothwendig erſt die Analyſe einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht haben; denn man ſieht leicht, daß beym eccentriſchen Stoße nicht allein die Bewegung der Schwerpunkte geäu-

geändert, sondern zugleich auch verursacht werde, daß entweder einer von beyden Körpern, oder auch alle beyde anfangen, sich um eine gewisse Axe zu drehen, dafern sie nicht schon vor dem Stoße um eine solche Axe sich wälzten, in welchem Falle der Stoß auch diese Umdrehungsbewegung ändern wird. Ueberhaupt führt eine ganz allgemeine Betrachtung des excentrischen Stoßes auf äußerst verwickelte Rechnungen. Daher haben auch Johann Bernoulli [m]), Daniel Bernoulli [n]), und besonders Euler, welche jeder für sich zuerst über die Gesetze des excentrischen Stoßes Untersuchungen angestellt haben, nur einige besondere Fälle betrachtet, nämlich

1. wenn sich die Schwerpunkte zweyer Körper, davon einer den andern stößt, in einer Ebene bewegen;

2. wenn beyde Körper eine solche Gestalt besitzen, daß eine Axe, welche durch ihren Schwerpunkt auf diese Ebene senkrecht steht, eine freye Axe ist;

3. wenn die Berührung in einem Punkte geschieht, der in derselben Ebene liegt, worin sich die Schwerpunkte bewegen,

4. wenn die Berührungsebene auf eben dieser Ebene senkrecht ist, damit die Richtung des Stoßes in eben diese Ebene falle.

5. Diese Ebene wird daher die Ebene des Stoßes genannt, und kann als eine horizontale Ebene betrach-

m) Discours sur le mouvement Chap. IV. oper. T. III. p. 32.

n) De communicatione motus in collisione corporum sese non directe percutientium in Comment. Petrop. T. IX. und in Theoria motus corporum solidorum s. rigidorum. Rost. et Gryphisw. 1765.

trachtet werden. Auf ſolche Art wird alſo die Berührungsebene vertikal, und eine vertikale Axe der Körper eine freye Axe ſeyn.

Beym eccentriſchen Stoße kommt zugleich die Betrachtung der Mittelpunkte des Stoßes vor, von welchen Wallis zuerſt geredet hatte (Th. I. S. 367. u. f.). Dieſer betrachtete nämlich bloß den Stoß einer Ebene, welche ſich um eine in ihr ſelbſt befindliche Axe drehet, in welchem Falle der Mittelpunkt des Stoßes mit dem Mittelpunkte des Schwunges völlig einerley iſt. Dadurch ließ ſich Stone o) verleiten, beyde Punkte überhaupt für einerley anzunehmen, welches auch ſelbſt Jakob Bernoulli p) behauptet. Allein Johann Bernoulli q) machte Erinnerungen dagegen, und bemerkte ganz richtig, daß dieſe Uebereinſtimmung nur zufällig ſey, und bloß für einige beſondere Fälle ſtatt finde. Indeſſen ſcheint Johann Bernoulli in dem Begriffe ſelbſt, was den Mittelpunkt des Stoßes betrifft, mit Wallis einig zu ſeyn. Allein Euler r) erklärt ſich über den Mittelpunkt des Stoßes ganz anders. Wenn nämlich die Maſſe eines Körpers nicht mit paralleler Bewegung fortgeht, ſondern ſich um eine feſte Axe dreht, ſo wird der Punkt dieſer Maſſe, durch welchen die Richtung des Stoßes an ein unbewegliches Hinderniß geht, wenn ihre völlige Bewe-

o) Analyſe des infinement petits trad. de l'Angl. par *Rondet*. Paris 1735. 4.

p) Demonſtration du principe de Mſr. *Huygens* touchant le centre de balancement, et de l'identité de ce centre avec celui de percuſſion. in Opp. T. II. n. C. p. 951.

q) Remarques ſur le calcul integr. de Mſr. *Stone*. in Opp. T. IV. n. 170. p. 180 ſq.

r) Robins erläuterte Artillerie. S. 182.

Bewegung gehemmt wird, nicht allemal eben derselbe seyn, durch welchen die Richtung des Stoßes an eine andere bewegliche Masse gehen muß, wenn der letztern die größte Geschwindigkeit mitgetheilt werden soll. In diesem Sinne betrachtete Euler den Mittelpunkt des Stoßes, und Karsten s) hat die Theorie von dem Mittelpunkte des Stoßes ausführlicher vorgetragen.

Gleichgewicht fester Körper.

Das erste Gesetz des Gleichgewichts am Hebel hatte zwar der ältere de la Hire völlig scharf erwiesen; allein man übersah es, weil man zu dieser Zeit glaubte, daß sich der schärfste Beweis des Gesetzes des Hebels aus der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, so wie Newton und Varignon verfahren hatten, herleiten ließe. Dagegen behauptete aber Johann Bernoulli t), es müsse vielmehr die Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte auf die Theorie des Hebels gegründet werden, wenn man einen Cirkel im Beweisen vermeiden wolle. Bey diesen Unvollkommenheiten der Beweise des ersten statischen Grundgesetzes sagte daher d'Alembert u), man sey mehr bemüht gewesen, das Gebäude der Mechanik zu vergrößern, als dessen Eingange Licht zu geben; man habe den Bau immer fortgesetzt, ohne für die gehörige Festigkeit des Grundes Sorge zu tragen. Was das Gesetz des Winkelhebels anbetrifft, so leitet er dieß sehr schön aus dem Gleichgewichte zweyer gleichen und eins

s) Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. IV. Mechanik. Abschn. XVIII.

t) Variae propos. mechanico-dynamicae. Opp. T. IV. u. 177. § V.

u) Traité de dynamique à Paris 1743. 4. préface.

einander gerade entgegengeſetzten Kräfte her. — Allein auf dieſe Art verſchwinden dieſe Kräfte bey der Anwendung auf den geradlinichten Hebel, und die Folge aus dem allgemeinen Satze läßt ſich nur auf eine indirekte und ſehr gezwungene Weiſe geben. —

Endlich aber kam Käſtner x) durch eigenes Nachdenken auf einen ſcharfen Beweis für das Geſetz des Hebels, nach deſſen wiederholter Bekanntmachung er erſt in de la Hire's Mechanik ähnliche Betrachtungen gefunden hatte.

Zuerſt ſetzt er, wie de la Hire, folgenden Satz feſt: wenn die Mitte einer geraden, unbiegſamen und nicht ſchweren Linie (fig. 20) bc auf einer Unterlage bey a horizontal liegt, ſo daß ſich jedes von ihren Enden ohne Verruckung des Punktes a etwas erheben und das andere ſo viel ſinken kann, und an ihren beyden Ende gleiche Gewichte p und q herabhangen, ſo wird der ganze Hebel ruhen. Denn weil alles auf einer Seite des Punktes a wie auf der andern iſt, ſo müßte aus demjenigen, woraus folgte, daß q ſänke, auch folgen, daß p ſänke; und beyden zugleich kann dieß nicht wiederfahren. Hier iſt nun nichts weiter, was die beyden Gewichte p und q tragen könnte, als die Unterlage bey a; alſo erhält dieſe die völlige Laſt 2p = 2q; oder wenn man die Linie mit den Gewichten bey a auf einem Finger legte, oder an einem Faden ad hielte, ſo brauchte man eben ſo viel Gewalt, als wenn 2p auf dem Finger unmittelbar läge, oder an dem Faden hienge.

Nimmt

x) Vectis et compoſitionis virium theoria euidentius expoſita. Lipſ. 1753. 4.

Nimmt man nun an diesem Hebel das Gewicht p weg, und befestigt dagegen den Punkt b so, daß er weder unterwärts noch aufwärts weichen kann, so wird sich der doppelarmige Hebel in den einarmigen (fig. 21.) verwandeln, wo die Kraft nach der Richtung ad = 2q, oder doppelt so groß, als die in c angebrachte, c aber noch einmal so weit vom Ruhepunkte b entfernt ist, als a; und wo sich unter diesen Umständen die einfache und die doppelte Kraft das Gleichgewicht halten.

Wird dieser einarmige Hebel über b hinaus um das Stück (fig. 22.) bf = ba verlängert, so muß nun ohne Zweifel ein Gewicht p in f aufgehängt werden, welches = 2q, eben so stark unterwärts nach der Richtung fp ziehen würde, als die Kraft p in a nach der Richtung ad zöge. Aber p in a steht im Gleichgewichte mit $q = \frac{1}{2}p$, wenn q noch einmal so weit vom Ruhepunkte in c zieht, mithin hält auch p = 2q mit q am doppelarmigen Hebel cbf das Gleichgewicht, wenn q zweymal weiter vom Ruhepunkte b entfernt ist, als p am andern Arme.

Auf diese Art kann man nun weiter schließen, daß in beyden Armen des Hebels das dreyfache Gewicht dem einfachen das Gleichgewicht hält, wenn das einfache dreymal weiter vom Ruhepunkte entfernt ist; das vierfache dem einfachen, wenn dieses viermal weiter entfernt ist u. s. w. Ueberhaupt also, daß eine nfache Kraft der einfachen das Gleichgewicht hält, wenn die einfache nmal weiter vom Ruhepunkte entfernt ist, als die nfache.

Verhielten sich endlich die Kräfte q und p (fig. 23.) wie m:n, und ihre Entfernungen vom Ruhepunk-

punkte cb und fb wie n:m, ſo nehme man br ſo groß, daß es in bc nmal, in bf mmal enthalten iſt, und ſtelle ſich bey r ein aufgehangenes Gewicht z = n.q = m.p, und eine eben ſo große aufwärts nach rf gerichtete Kraft vor. Beyde erhalten einander ohne allem Zweifel das Gleichgewicht. Allein die Kraft rf hält auch mit q das Gleichgewicht, weil ſie nmal größer als q, und q nmal weiter vom Ruhepunkte b entfernt angebracht iſt: und das Gewicht z hält mit p das Gleichgewicht, weil es mmal größer als p, und p mmal weiter von b entfernt iſt. Mithin müſſen ſich auch p und q ſelbſt das Gleichgewicht halten. Da ſich jedes Verhältniß durch zwey ganze Zahlen ausdrucken läßt, welche für m und n geſetzt werden können, ſo gilt dieſer Beweis bey jedem Verhältniſſe der Kräfte, und es erfolgt überhaupt ein Gleichgewicht am doppelarmigen Hebel, wenn ſich die Kräfte verkehrt, wie die Entfernungen vom Ruhepunkte verhalten.

Daß aber auch dieſes Geſetz beym einarmigen Hebel ſtatt finde, erhellet ſogleich, wenn man ba = bf nimmt, und für p eine an a aufwärts nach ad ziehende Kraft = p ſetzt. Hiebey bleibt alles in Ruhe, weil die Kraft p bey a eben ſo auf die Umdrehung des Hebels wirkt, als das Gewicht p in der gleich großen Entfernung fb wirkte. Daher iſt die Kraft bey a mit q im Gleichgewichte, wenn ſie ſich zu p wie n:m, ihre Entfernung ba aber zur Entfernung cb, wie bf: ba d. i. wie m:n verhält. Auf dieſe Art iſt alſo das Geſetz des Gleichgewichtes für beyde Arten des Hebels erwieſen.

Hiernächſt geht nun Käſtner zu dem Winkelhebel über, und leitet das Geſetz deſſelben ganz richtig

tig aus der Theorie des geradlinichten Hebels ab. Wenn nämlich (fig. 24.) an den Armen ab, bc in der Ebene des Winkels abc die Kräfte p, q auf die Arme senkrecht ziehen, so denke man sich aus dem Scheitel b mit dem kürzern Arm ba als Halbmesser den Kreis ada beschrieben, und den Arm cb durch denselben bis d verlängert. Man setze, in d ziehe eine Kraft r = p ebenfalls senkrecht auf db, so üben r und p gleiche Gewalt aus, die Scheibe ada um ihren Mittelpunkt b zu drehen. Soll diese Umdrehung durch q gerade gehindert werden, oder soll q mit r im Gleichgewichte seyn, so muß sich q:r=db:bc verhalten. Daher, und weil r=p, db=ba, ist auch p mit q im Gleichgewichte, wenn q:p=ab:bc, oder wenn sich die Kräfte umgekehrt, wie die Längen der Arme, verhalten.

Wirken aber die Kräfte nach schiefen Richtungen an den Armen des Hebels (fig. 25.), so fälle man auf ihre Richtungen aus b die senkrechten Linien bd, be. Die Kraft p bemüht sich eben so stark die ganze Ebene abc um b zu drehen, als dieß eine gleiche in e nach der Richtung ep angebrachte Kraft auch thun würde. Ingleichen strebt die Kraft q in c vollkommen, die Ebene so um b nach cq zu drehen, wie eine gleiche Kraft thun würde, die in d nach dq zöge. Sollen aber die Kräfte in e und d im Gleichgewichte seyn, so müßten sie sich umgekehrt wie die Arme des Hebels ebd d. i. wie bd:be verhalten. Daraus folgt, daß sich auch p und q, wenn sie im Gleichgewichte seyn sollen, wie bd:be, aber umgekehrt, wie die aus dem Ruhepunkte auf ihre Richtungen gefällten senkrechten Linien, verhalten müssen. Daher gilt das Gesetz des Hebels, daß sich die Kräfte im Gleichgewichte verkehrt, wie die Entfernungen vom Ruhepunkte, verhalten, auch am Winkelhebel.

Uebri-

Uebrigens erhellet, daß die Kräfte p und q zum Theil eine der andern Wirkung hindern, zum Theil das, was den Punkt b feſt hält, einen Nagel z. B. der daſelbſt ſo eingeſchlagen wäre, daß ſich der Winkel um ihn drehen muß, drucken.

Da die Punkte a und c einerley leiden, in welchem Punkte der Linien pm und qm auch die Kräfte p und q angebracht ſeyn mögen, ſo kann man ſich vorſtellen, ſie wären in m ſelbſt angebracht, wo ſich beyde Linien gehörig verlängert ſchneiden. Wenn ſich nun die ganze Ebene ambc nicht anders, als um den Punkt b drehen kann, ſo muß dieſer Punkt durch die vereinigte Wirkung beyder Kräfte in m nach mb getrieben werden. Dieſe mb bleibt alſo auch die Richtung, nach welcher der Ruhepunkt b gedruckt wird, wenn auch gleich die Kräfte in a, c oder andern Punkten der Linien ma und mc angebracht ſind; d. h. mb iſt die mittlere Richtung, nach welcher die Kräfte p, q den Punkt b drucken.

Man ziehe bt, bſ mit am, cm parallel, ſo iſt bſa = pma = btc; daher ſind wegen der rechten Winkel bey e und d die Dreyecke beſ und bdt einander ähnlich; mithin verhalten ſich die Linien bſ und bt oder die gleichen mt und mſ, wie be : bd d. i. wie die im Gleichgewichte ſtehenden Kräfte q und p. Wenn man daher auf den Richtungen der Kräfte von dem Punkte m an, wo ſie einander ſchneiden, zwey Linien mſ und mt nimmt, die ſich wie die Kräfte p und q verhalten, und das Parallelogramm mſbt unter dieſen Linien ergänzt, ſo iſt deſſen Diagonale mb die mittlere Richtung.

Schon

Schon lange hatte man erkannt, daß ein Körper, wenn er durch zwey Kräfte zugleich mit gleichförmiger Bewegung nach den Richtungen ms und mt zu gehen genöthigt wird, deren eine ihn in einer gewissen Zeit durch den Raum ms, die andere in eben der Zeit durch mt würde geführt haben, in derselben Zeit durch die Diagonale mb des Parallelogramms msbt gehen werde, dessen Seiten ms und mt die Räume beyder Bewegungen, unter dem gehörigen Winkel zusammengesetzt sind.

Diesen Satz, der als Grundsatz gelten kann, hat man auch durch Versuche zu bestätigen gesucht, wozu s'Gravesande, Rollet, Eberhard u. a. eigene Maschinen angegeben haben.

Indessen ist doch dieser Satz mit Recht nur alsdenn für einen Grundsatz angenommen worden, wenn der Körper in jeder Stelle seines Weges gleich stark und gleich schnell nach Richtungen fortgeschoben wird, die mit ms und mt parallel sind. Man hat aber gefragt, ob er noch eben das thun würde, wenn ihm die Geschwindigkeiten nach ms und mt bloß in dem Punkte m mitgetheilt werden, und man ihn alsdenn sich selbst überläßt, ohne auf seine Bewegung weiter zu wirken? Daher hat man diejenigen mit Recht getadelt, welche den Grundsatz von der zusammengesetzten Bewegung ohne allen weiteren Beweis allzuweit ausgedehnt, und daraus die ganze Mechanik herzuleiten gesucht haben. Dahin gehört Varignon und selbst Newton, der die Theorie des Winkelhebels auf den Satz von zusammengesetzten Bewegungen und Kräften gründet.

Aus dieſem Grunde haben Andere, als Daniel Bernoulli [y]), d'Alembert [z]), Vanini [a]) und andere [b]) Beweiſe zu geben verſucht, welche auch für den Fall gelten ſollten, wenn der Körper während der Bewegung ganz ſich ſelbſt überlaſſen bleibt. Gegen Bernoulli's Beweis hat man eingewendet, er ſey zu weitläuftig und enthalte unerwieſene Vorausſetzungen. D'Alembert ſtellt ſich vor, der Körper liege auf einer Fläche, die ſich in einem Falze der einen Bewegung gleichförmig entgegenſchiebe, während der Falz ſelbſt mit der Fläche zugleich der andern Bewegung ebenfalls gleichförmig entgegen geſchoben werde. Hiebey muß der Körper in abſoluter Ruhe bleiben, weil ſeine beyden Bewegungen durch die entgegengeſetzten, die ihm die Fläche giebt, gerade aufgehoben werden. Weil nun die Fläche geſchoben werden ſoll, d. h. weil immerfort wirkende Kräfte ſie gleichförmig bewegen ſollen, ſo wird ſie ſich nach der Diagonale bewegen, und der Körper, der in abſoluter Ruhe iſt, wird auf ihr dieſe Diagonale beſchreiben. — Hierin liegt aber offenbar Vorausſetzung deſſen, was erwieſen werden ſoll. Denn wenn man annimmt, daß der Körper in abſoluter Ruhe bleibt, ſo muß man ſchon vorausſetzen, daß ſeine Bewegung dem gleichförmigen Fortſchieben der Fläche durch die Diagonale gerade entgegengeſetzt ſey, d. h. daß er ſich, wenn die Fläche ruhete, gleichförmig durch die Diagonale bewegen würde.

Allen

y) Commentar. Petropol. T. I.

z) Traité de dynamique. à Paris 1743. 4. p. 22.

a) Nouvelle démonſtration du principe de la compoſition des forces. im Journal des ſavans. an. 1764. T. V. p. 71 ſqq.

b) Recueil de mémoires concernant l'Oeconomie rurale. à Zurich 1760. 8.

Allen übrigen Beweisen lassen sich ebenfalls wichtige Gründe entgegensetzen, und vor Käſtner hat keiner einen allgemeinen Beweis von diesem Satze in möglichster Strenge geben können. Dieser aber gründet die Theorie von der Zusammensetzung der Kräfte auf die von ihm aufgestellte einfache Theorie des Hebels. Nachdem er nämlich daraus die Theorie des Winkelhebels hergeleitet und gezeigt hatte, daß Kräfte, die nach (fig. 25.) ap und cq wirken, und welche man sich nach dieser Linien Richtung beyde an m vorstellen kann, einander zwar gegenseitig die Ebene abc um b zu drehen verhindern, aber doch zusammen jeden Punkt der Linie mb nach mb fortschieben würden; so sucht er endlich noch zu erweisen, daß die mittlere nach mb wirkende Kraft, wenn sie eben so viel ausrichten soll, als die beyden äußern ms und mt, auch der Größe oder Stärke nach, der Diagonale mb proportional seyn müsse, d. h. daß sie sich zu den beyden äußern Kräften, wie mb zu ms und mt verhalten müsse. Diesen Beweis führt Käſtner auf folgende Art:

Wirken (fig. 25.) auf m zwey Kräfte, deren Richtungen und Größen durch die Linien mt und mv ausgedruckt werden, und ergänzt man das Parallelogramm tcvm, so giebt dessen Diagonale mc die mittlere Richtung an. Man fragt nun nach der Größe dieser nach mc gerichteten Kraft, welche gerade eben so viel, als mt und mv zusammen, wirken soll. Gesetzt diese Größe sey = x. Nun stelle man sich die Verlängerung von mc, als einen Faden md vor, so wird an diesem Faden eine Kraft nach md ziehen können. Wenn nun diese gerade den Punkt m zurückhalten soll, daß ihn die Kräfte mt und mv nicht nach mc treiben, so muß sie der mittleren Kraft entgegengesetzt und gleich, mithin auch = x seyn.

Weil aber die drey Kräfte x, mr, mv einander an m gerade im Gleichgewichte erhalten ſollen, ſo kann man auch x und mt als ein Paar äußere anſehen, aus welchen eine mittlere entſtehen muß, die mit mv das Gleichgewicht hält, folglich mv gerade entgegengeſetzt ſeyn muß. Alſo giebt vm verlängert; mb die Diagonale des Parallelogramms unter den äußern Kräften x und mt.

Man ſetze nun md ſoll = x ſeyn, ſo daß das Parallelogramm mtbd werde; ſo muß der Punkt d ſo liegen, daß db = mt = cv, und weil der Punkt b in der verlängerten Linie vm ſeyn muß, ſo iſt mvc = mbd, auch cmv = dmb, mithin iſt auch mcv = mdb, und die Dreyecke mcv und mbd ſind einander gleich und ähnlich, folglich iſt mv = mb, und mc = md = x. Alſo ſtellt die Diagonale mc nicht nur die Richtung, ſondern auch die Größe der mittleren Kraft zu den beyden äußerſten mt, mv vor.

Wenn alſo ein Punkt von zwey Kräften zugleich getrieben wird, welche ſich den Richtungen und Größen nach, wie die Linien mt, mv verhalten, ſo verfährt ihm eben ſo viel, als ob ihn nur eine Kraft treibe, deren Richtung und Größe durch die Linie mc ausgedruckt wird.

Daraus erhellt, daß die zuſammengeſetzte Kraft allemal kleiner ſeyn müſſe, als die Summe der beyden äußern Kräfte mt + mv, weil die Diagonale eines Parallelogramms jederzeit kürzer iſt, als die Summe ſeiner beyden Seiten. Es geht alſo bey der Zuſammenſetzung allemal etwas von der Summe der Kräfte verlohren. Es laſſen ſich nämlich die Kräfte mt, mv, jede in ein Paar andere zerlegen, wovon allemal die eine der mittleren mc parallel, die andere auf mc

ſenk-

senkrecht ist. Die beyden auf mc senkrechten werden einander entgegengesetzt und gleich, heben sich also beym Zusammenkommen gerade auf; und es bleiben nur die beyden mit mc parallelen übrig, welche zusammen mc selbst ausmachen. Die Verminderung oder der Abgang von der Summe der äußern Kräfte entsteht durch die wechselseitige Aufhebung jener einander entgegengesetzten Theile. Diese Verminderung wird desto stärker, je größer der Winkel ist, welchen die Richtungen der beyden äußern Kräfte mit einander machen.

Die Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte ist bey der Erklärung außerordentlich vieler Naturerscheinungen ungemein anwendbar, wovon vorzüglich Musschenbroek c) weitläuftig handelt.

Das Reiben oder die Friktion.

Ueber die so wichtige Lehre vom Reiben hatte, wie bereits angeführt worden, Amontons zuerst Versuche angestellt, und dabey den merkwürdigen Satz entdeckt, daß sich die Friktion nicht nach der Fläche, sondern mehr nach dem Drucke des Körpers richte. Seinen Versuchen zufolge fand er die Größe derselben ohngefähr $\frac{1}{3}$ des ganzen Drucks. Nach ihm hatten zwar Mehrere dasselbe Resultat durch Versuche bestätigt gefunden, dagegen aber auch Andere theils durch Erfahrung, theils durch theoretische Gründe eine andere Größe des Reibens herausgebracht. Es war daher natürlich, daß dieser Ungewißheit wegen mehrere veranlaßt wurden, weitere Untersuchungen über diesen wichtigen Gegenstand anzustellen.

Bil-

c) Introd. ad philos. natur. T. I. §. 572 sqq.

Bilfinger [d]) ſuchte die Größe der Friktion auf eine andere Art, als Amontons, zu beſtimmen. Er erhob nämlich die Fläche, auf welcher der Körper lag, an dem einen Ende, ſo daß ſie gegen den Horizont eine ſchiefe Lage erhielt. Vermöge der Theorie der ſchiefen Fläche ſollte der Körper ſchon bey dem geringſten Neigungswinkel herabgleiten; wegen der Friktion aber thut er dieß erſt, wenn dieſer Winkel eine gewiſſe Größe erreicht hat. Den größten Winkel, unter welchem der Körper noch liegen bleibt, nennt Bilfinger den Ruhewinkel (angulus quietis). Bey dieſem Winkel wird der Körper eben ſo ſtark zur Bewegung getrieben, als ihn das Reiben zurückhält, und man findet durch gehörig angeſtellte Betrachtung, daß ſich das Reiben auf der wagrechten Fläche zum Drucke verhalte, wie die Tangente des Ruhewinkels zum Sinus totus. Bilfinger fand den Ruhewinkel allemal zwiſchen 12 und 15 Grad, woraus, wenn das Mittel $13\frac{1}{2}$ Grad angenommen wird, die Größe des Reibens = 0,24 oder faſt $\frac{1}{4}$ des Drucks folgt.

Nach eben dieſen Gründen iſt die Friktion auch von Belidor [e]) unterſucht worden. Dieſer fand durch ſeine Verſuche den Ruhewinkel $18^\circ\ 20'$, welches Amontons Beſtimmung von 1 : 3 ſehr nahe kommt.

Euler [f]) erinnerte aber, daß dieſe Methode, die Größe der Friktion zu beſtimmen, keine große Schärfe geben könne, man müßte vielmehr den Körper von der ſchiefen Ebene herabgleiten laſſen, und das Rei-

d) Comment. Petrop. T. II. p. 403 ſqq.

e) Architect. hydraul. liv. I. Chap. II. §. 224.

f) Sur le frottement in den Mémoir. de Pruſſe 1748. p. 122 ſqq.

Reiben aus dem Raume suchen, den er in einer bestimmten Zeit zurücklege, worüber er Untersuchungen anstellt. Allein es finden sich auch hiebey Schwierigkeiten, indem sich schwerlich der Anfang des Herabgleitens genau bestimmen lassen wird.

Camus [g]) und Desaguliers [h]) haben Amontons Satz vertheidigt, und durch viele Versuche zu bestärken gesucht. Der letztere giebt unter dem Nahmen einer Friktionsmaschine zu solchen Versuchen eine eigene Vorrichtung an, woran eine mit Gewichten beschwerte Welle durch Schwingungen gespannter Uhrfedern, die man loßläßt, schnell hin und her gedreht wird. Das Reiben der Welle in ihren Lagern macht, daß die Schwingungen der Federn immer schwächer werden, und endlich gar aufhören. So giebt die Anzahl der Schwingungen ein Maas für die Größe des Reibens; es werden der Schwingungen immer weniger, je mehr Gewicht man an die Welle bringt. Mit dieser Einrichtung kann man sehr schnell und ohne Vorbereitungen Versuche anstellen; aber zu einem genauen Maaße des Reibens ist es auf keine Weise geschickt.

Unter allen aber hat Musschenbroek [i]) die genauesten Versuche über das Reiben angestellt. Sie beweisen, daß das Reiben zwar größtentheils, aber doch keinesweges gänzlich, vom Drucke abhange, und daß überhaupt kein allgemeines Gesetz für dasselbe statt finde. Aus seinen Versuchen ergaben sich nachstehende Folgen:

Beym

g) Traité des forces mouvantes.

h) Course of experimental philosophy. Lect. 4.

i) Introduct. ad philos. natural. Cap. IX.

Beym Tannenholze auf Tannenholz war das Reiben $\frac{1}{4}$ des Gewichtes nach dem erſten Verſuche. Aber dieß Verhältniß blieb bey den übrigen Verſuchen nicht daſſelbe, ſondern die Friktion ward bey zunehmendem Druck ein kleinerer Theil deſſelben, und betrug nur $\frac{1}{5}$.

Beym Tannen- auf Buchsbaumholz war die Friktion anfänglich der 5te Theil, beym zunehmenden Gewicht aber der 6te, ja endlich nur der 8te Theil deſſelben.

Beym Eichenholze auf Eichenholz und geringem Druck war die Friktion anfangs nicht ſo ſtark, als bey Tannen- auf Tannenholz; bey ſtärkerm Druck aber ward die Friktion zwar auch ein kleinerer Theil des Drucks, jedoch etwas größer, als beym Tannen- auf Tannenholz.

Das Reiben des Eichenholzes auf Buchsbaum war anfangs ohngefähr eben ſo groß, bald aber noch kleiner, als des Tannenholzes auf Buchsbaum.

Wenn die Fibern der Hölzer, welche auf einander bewegt wurden, nicht einander parallel waren, ſondern das eine nach der Länge ſeiner Fibern, quer über dem andern ſo fortgezogen ward, daß die Fibern des zweyten auf den Fibern des erſtern ſenkrecht ſtanden, ſo war die Friktion weit ſtärker, vorzüglich bey Tannen- auf Tannenholz. Bey vermehrter Fläche ward zwar das Reiben ſtärker, aber keinesweges im Verhältniſſe der Fläche ſelbſt.

Das Reiben der Metalle hat Muſſchenbroek vermittelſt einer dazu beſonders eingerichteten Maſchine unterſucht, die er das Tribometer nennt. Das vornehmſte Stück derſelben war eine hölzerne Welle

(fig.

(fig. 26.) ab, 4 Zoll dick. Durch ihre Mitte gieng eine Axe von gehärtetem Stahl, so daß auf beyden Seiten der Welle zwey Zapfen hervorragten. Der vorderste Theil dd dieser Zapfen war $\frac{1}{4}$ Zoll, der hinterste $\frac{1}{2}$ Zoll dick, und dieß deßwegen, damit die Versuche sowohl mit den dickern, als auch den dünnern Zapfen angestellt werden konnten. Die ganze Welle mit ihrer Axe war zusammen 3 Pfund schwer. Diese Welle ward auf ein dazu gehörig eingerichtetes Gerüste gelegt. Man konnte sich dazu verschiedener Zapfenlager bedienen, die theils aus Guajacholz, theils aus verschiedenen Metallen verfertigt, alle aber so, wie die Zapfen selbst, sehr wohl polirt waren. Um die Welle selbst war ein Seil geschlagen, woran auf beyden Seiten ein Paar gleiche Gewichte hiengen, um den Druck gegen die Zapfenlager nach Gefallen zu vergrößern. Auf der einen Seite hieng an einer sehr feinen Schnur eine Schaale r, um darein die Gewichte zu legen, welche die Welle drehen sollten. Weil beym Gebrauch der dünnen Zapfen dd die Welle 16mal dicker, als die Zapfen, war, folglich r 16mal mehr Moment bekam, als das Reiben am Umfange von d, so verhielt sich die Friktion zum Druck, wie 16 r: p + q + 3 Pfund.

Liese z. B. der stählerne Zapfen auf Messing, und hienge an beyden Seiten der Welle 1 Pfund Gewicht = p = q, so müßte die Bewegung der Welle r = 6 Drachmen = $\frac{3}{64}$ Pfund seyn. Folglich war die Friktion zum Druck wie $\frac{3.16}{64}$: 1 + 1 + 3 = $\frac{3}{4}$: 5 oder wie 1 : 6 $\frac{2}{3}$. Wurden die Zapfen eingeölt, so brauchte man in r nur 5 $\frac{1}{2}$ Drachmen = $\frac{11}{256}$ Pfund;

mithin war die Friktion zum Druck wie $\frac{11 . 16}{256} : 5 =$ $\frac{11}{16} : 5 = 1 : 7\frac{3}{11}$.

Aus dieſen Verſuchen ergaben ſich folgende Sätze:

Beym Stahl iſt die Friktion am geringſten auf Meſſing, ſie iſt größer auf Bley, ferner nach der Ordnung auf rothes Kupfer, Guajac-Holz, Stahl und Zinn. Beym Stahl auf Guajac-Holz iſt die Friktion nicht ſehr ſtark, wenn gleich kein Oel dazwiſchen gebracht wird.

Die Friktion wächſt nicht genau in dem Verhältniſſe des Drucks, und jede Art der Körper hat ihre ganz beſondern Geſetze des Reibens, die dieſer Art allein eigen ſind, und ſich nicht allgemein machen laſſen. Denn ſo iſt die Friktion beym Stahl auf Meſſing, wenn es eingeölt wird, etwa nur $\frac{1}{7}$ des Drucks, beym Stahl auf Stahl, Zinn und Guajac-Holz $\frac{1}{4}$ des Drucks, und auf rothes Kupfer etwa $\frac{1}{7}$ deſſelben. Ueberhaupt reiben ſich gemeiniglich Körper von einerley Art ſtärker an einander, als Körper, die von verſchiedener Art ſind.

Die bisherigen Unterſuchungen der Mathematiker und Naturforſcher betreffen bloß die Friktion für den erſten Augenblick, in welchem der Körper ſich zu bewegen anfängt. Muſſchenbroek bemerkt aber auch ſchon, daß ſich ihre Größe bey der Bewegung ſelbſt ändere, und beſtätigt dieß durch einige Verſuche. Es war ihm bekannt, daß eine jede Maſchine nur einen beſtimmten Grad der Geſchwindigkeit erlangt, wenn gleich die Kraft ununterbrochen zu wirken fortfährt. Er ſchloß daraus, daß dieſer Erfolg ſich daher am natürlichſten erklären laſſe, wenn man annehme, daß die

die Friktion stärker werde, wenn die Geschwindigkeit zunimmt. Auf diese Art hat Musschenbroek [k]) vermittelst seines Tribometers

für die Verhältnisse der Geschwindigkeiten

4 6 7 8 10

folgende Verhältnisse der Friktion

1 $1\frac{1}{2}$ 2 3 4

gefunden. Die Differenzen der Zahlen, welche die Geschwindigkeiten ausdrucken, verhalten sich ziemlich genau, wie die Logarithmen derjenigen Zahlen, welche die zugehörigen Friktionen ausdrucken. Der Herr von Segner [l]), welcher die anfängliche Friktion die Friktion der Ruhe nennt, und diese von der Friktion der Bewegung unterscheidet, legte diesen von Musschenbroek angeführten Satz bey seinen Untersuchungen zum Grunde, und stellte eigene ähnliche Versuche an, wodurch die Sache viel Wahrscheinlichkeit erhielt. Er gebrauchte nämlich hiezu eine Uhr, die aus vier Rädern bestand, und nur mit einem Minuten- und Sekundenzeiger versehen war, nachdem der Perpendikel vorher nebst dem Haken abgenommen war, um den Rädern freyen Lauf zu lassen. An ihre Welle wurden verschiedene Gewichte gehängt, und man bemerkte sowohl die anfängliche Friktion, als auch hiernächst die jedem Gewichte zugehörige Geschwindigkeit, nachdem der Umlauf der Räder gleichförmig geworden war.

Euler [m]) betrachtet dagegen das Reiben als eine während der ganzen Bewegung beständig einerley blei-

k) Institut. phys. §. 413. essai de physique §. 349. introduct. ad philos. natur. §. 523.

l) Disp. de adfrictu solidorum in motu constitutorum. Halae 1758.

m) Theoria motus corporum solidorum. §. 961. p. 459.

bleibende Größe, und leitet daraus Methoden her, aus der Zeit, worin eine gegebene Kraft die gegebene Laſt in einer Maſchine auf eine gegebene Höhe hebt, die Größe der Friktion zu beſtimmen. Dieſe Methoden gelten zwar nur für den Beharrungsſtand, in welchem die Friktion wirklich unverändert bleibt; ſie ſind aber gleichwohl für die Ausübung ſehr brauchbar, da der Beharrungsſtand eben derjenige iſt, für welchen eine jede Maſchine berechnet und eingerichtet werden muß.

Uebrigens handeln die mathematiſche Theorie der Friktion mit Anwendungen auf die Maſchinen Belidor [n]) und Karſten [o]) ab.

Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüſſiger Körper.

Das Geſetz des Gleichgewichtes flüſſiger Materien in communicirenden Röhren hatte zwar Mariotte zu erweiſen geſucht, deſſen Beweis man auch mit einigen Abänderungen bey Wolf [p]) findet; allein man hatte dagegen mit Recht eingewendet, daß ſich dieſer Beweis auf Gründe ſtütze, welche nur für feſte Körper völlig erwieſen ſind, und ohne große Sprünge im Schließen auf flüſſige Materien nicht angewendet werden können. Außerdem ſetzen ſie cylindriſche durchaus gleich weite Röhren voraus, und würden nur mit großer Weitläuftigkeit und durch Zerlegung in Elemente auf Röhren von jeder irregulairen Geſtalt erweitert werden können.

Daniel Bernoulli [q]) verſuchte daher einen andern Beweis dieſes Geſetzes. Er geht von dem Satze aus,

n) Architect. hydraulique. Liv. I. chap. 2.
o) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Mechanik. Abſchn. XXII, u. f.
p) Elementa mathef. univerſae. elem. hydroſtaticae.
q) Hydrodynamica ſect. II. §. 1 ſqq.

aus, daß die Oberfläche flüssiger Körper, wenn sie in Ruhe sind, in jedem Behältnisse wagrecht ist. Diesen Satz betrachtet er als Lehrsatz, und beweißt ihn so: Es sey ein Gefäß (fig. 27.) mit einer flüssigen Materie angefüllt, und man stelle sich vor, die Oberfläche derselben sey nicht horizontal; so wird ein auf der erhabenern Stelle besonders betrachteter Tropfen a vermöge seiner Schwere nach der vertikalen Richtung a c sollicitirt. Man zerlege diese Kraft der Schwere a c in die beyden Seitenkräfte a d und a b, deren erstere auf der Oberfläche der flüssigen Materie senkrecht, und die andere nach einer Richtung wirkt, welche die Oberfläche berührt. Da nun der letztern Kraft nichts widersteht, so muß sich auch der Tropfen a gegen e hin bewegen können; dieß wäre aber wieder die Voraussetzung, daß nämlich die Oberfläche der flüssigen Materie im Zustande der Ruhe nicht völlig horizontal wäre. Daraus folgt also, daß allenthalben keine Tangentialkraft angetroffen werde, welches aber nicht anders statt haben kann, als wenn die Oberfläche völlig wagrecht ist.

Hiernächst giebt nun Bernoulli von dem erwähnten Gesetze des Gleichgewichts flüssiger Materien in communicirenden Röhren zwey Beweise:

1. Wenn nämlich in beyden Schenkeln (fig. 28.) der Röhre a b c einerley flüssige Materie gleich hoch stehe, so könne sie diesen Zustand nicht verändern, weil sich eine schwere Masse aus einer niedrigern Stelle in eine höhere zu begeben nicht im Stande sey, welches gegen die Natur der Schwere wäre; denn wenn in e die Oberfläche bis g herabsinke, so steige die in d auf der andern Seite bis f. Da nun der übrige Theil der Röhre sowohl vor als nach dem veränderten Zustande mit ein und der nämlichen flüssigen Materie angefüllt

sey,

ſey, ſo könne die Wirkung der Veränderung in nichts weiter beſtehen, als daß der herabgeſunkene Theil e g in d f aufſteige.

2. Erhelle dieſes Geſetz auch aus dem Satze, daß die flüſſige Materie in einem jeden Behältniſſe eine völlig wagrechte Geſtalt annehme. Man könne ſich nämlich in einer ſolchen ruhenden flüſſigen Materie eine Röhre von welcher Geſtalt man wolle gedenken, und alles würde, wie vorher, in Ruhe bleiben, indem es einerley ſey, die flüſſige Materie möge in der Röhre enthalten ſeyn, und von den Wänden derſelben, oder von der angrenzenden flüſſigen Materie gehalten werden.

D'Alembert r) machte gegen den Beweis, welchen Bernoulli von dem Satze, daß eine jede flüſſige ſtillſtehende Materie eine vollkommene wagrechte Ebene bilde, gegründete Einwendungen, und legte vielmehr bey ſeinen Unterſuchungen folgenden Satz zum Grunde, von welchem er glaubt, daß er jedem als Erfahrungsſatz einleuchtend ſey:

Wenn ein Gefäß von beliebiger Geſtalt mit einer flüſſigen Materie ganz erfüllt iſt, und man in dieſem Gefäße eine kleine Oefnung macht, und an derſelben die Oberfläche der flüſſigen Materie druckt, ſo verbreitet ſich dieſer Druck gleichförmig nach allen Richtungen und durch alle Theile der flüſſigen Materie ſo, daß alle Punkte des Gefäßes nach der auf die Wände deſſelben ſenkrechten Richtung mit einer Kraft gedruckt werden, welche der an der Oefnung druckenden Kraft gleich iſt.

Aus

r) Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. à Paris 1744. 4. §. 13. I.

Aus diesem Satze sucht d'Alembert die ganze Hydrostatik abzuleiten. Eben so verfährt auch Euler s).

Kästner t) bemerkt aber ganz richtig, daß es weit besser sey, diesen Satz, daß die Oberfläche jeder in ein Behältniß eingeschlossenen flüssigen Materie völlig wagrecht sey, mit Simon Stevin als einen solchen anzunehmen, von dem man sich durch Erfahrung so leicht versichern könne. Ihm komme es nicht vor, als ob eine so einfache und leichte Erfahrung den Grundsatz lehrte, welchen d'Alembert und Euler annähmen. Sonst nimmt Kästner Bernoulli's Beweis des Gesetzes des Gleichgewichts flüssiger Materien in communicirenden Röhren als den überzeugendsten an, und sucht ihn auf folgende Art etwas umständlicher zu erläutern. In dem Gefäße (fig. 29.) stehe Wasser bis an die wagrechte Ebene ab. Von diesem Wasser betrachte man denjenigen Theil besonders, der die willkührlichen Grenzen dih auf einer Seite, efg auf der andern hat; seine Oberflächen de, gh, sind in der gemeinschaftlichen Oberfläche ab; man betrachte ein Stückchen der eingebildeten Grenze, welche dieses eingeschlossene innere Wasser von dem äußern Wasser des Gefäßes absondert z. B. pq; alles Wasser will vermöge seiner Schwere sinken, und jedes Wassertheilchen muß, wenn es sinken soll, andere aus seiner Stelle treiben, die nicht nur gerade, sondern auch seitwärts unter ihm liegen, ja es muß anderes Wasser zum steigen nöthigen. Solchergestalt wird pq ohne Zweifel von dem eingeschlossenen Wasser, und von dem Was-

s) De l'équilibre des fluides in den Mém. de l'Acad. des scienc. de Prusse. 1755.

t) Anfangsgründe der angewandten Mathematik, Hydrostat. §. 9. u. f.

Waſſer des Gefäßes verſchiedentlich gedruckt werden. Man braucht nicht jeden einzelnen Druck beſonders zu betrachten, man ſieht überhaupt, daß er entweder ſenkrecht auf pq ſeyn muß, oder ſich in zwey Kräfte zerlegen läßt, deren eine ſenkrecht auf pq, die andere gleichlaufend mit pq wirkt, und alſo pq aus ſeiner Stelle zu treiben nichts vermag. Man kann demnach annehmen, der Druck des eingeſchloſſenen Waſſers, der pq aus ſeiner Stelle zu treiben bemüht iſt, gehe nach einer ſenkrechten Richtung auf rp, und der Druck des Waſſers im Gefäße nach derſelben Verlängerung, aber in entgegengeſetzter Richtung mp. Soll aber pq ruhig bleiben, ſo muß jener Druck ſo viel vermögen als dieſer, und jedes Element der eingebildeten Grenze des eingeſchloſſenen Waſſers muß alſo nach einer ſenkrechten Richtung auf dieſes Element, ſo ſtark von dem innern Waſſer hinauswärts, als von dem äußern hineinwärts gedruckt werden.

Beſtände pq aus einer feſten Materie, ſo würde es auf eben die Art den Druck des Waſſers auf beyden Seiten aufhalten, ohne aus ſeiner Stelle getrieben zu werden, das Waſſer aber würde gegen einander vollkommen auf die vorige Art wirken, ohne daß die Erdichtung eines feſten Elementes pq darin die geringſte Veränderung machte.

Beſtände die ganze Grenze dih aus lauter ſolchen feſten Elementen, die aber unter ſich keine feſte Verbindung hätten, ſo würde dieſes in dem Drucke des Waſſers gegen einander nichts ändern, und der gegenſeitige Druck des innern und äußern Waſſers würde eben die vorige Geſtalt dieſer Grenze erhalten.

Aber wenn der Druck des äußern Waſſers bey m weggenommen würde, ſo müßte man pq durch eine

andere Kraft in seiner Stelle erhalten, und diese Kraft würde, wenn sie weiter nichts thäte, als pq zu erhalten, in dem innern Wasser keine Aenderung machen. Diese Kraft könnte der Zusammenhang des Elementes pq mit den übrigen Theilen der Grenze dih seyn, oder, es würde in dem innern Wasser nichts geändert werden, wenn die Grenze aus einer zusammenhangenden festen Materie bestände.

Da sich alles dieses auch von efg sagen läßt, so wird in dem innern Wasser nichts geändert werden, wenn es in eine feste Röhre dihgfe eingeschlossen ist. Die Wände dieser Röhre nämlich werden den Druck des innern Wassers aufhalten, wie ihn zuvor der Druck des äußern Wassers aufhielt, und weil das innere Wasser dadurch seine Figur behielte, daß sein Druck nach außen mit dem Drucke des äußern Wassers nach innen im Gleichgewichte war, so wird es diese Gestalt noch behalten, wenn sein Druck nach außen durch die Festigkeit der Wände aufgehoben wird, die zwar selbst keinen Druck nach innen ausüben, aber eben deßwegen hier die Stelle des äußern Wassers vollkommen vertreten können, dessen Druck nach innen durch des innern Wassers entgegengesetzten Druck aufgehalten wird.

Aus dieser Käſtner'schen Erläuterung ergiebt sich nun sehr leicht der von Bernoulli geführte andere Beweis des Gesetzes des Gleichgewichts der flüssigen Materien in communicirenden Röhren.

Käſtner sucht ihn aber noch mehr durch folgende Betrachtungen zu erläutern, deren ähnliche man schon bey Simon Stevin findet (Th. I. S. 82.): Es sey (fig. 30.) kl eine wagrechte Ebene unter gh. Diese Ebene wird von dem Wasser über ihe, wel-

welches ſeiner Schwere wegen ſinken will, niederwä
gedruckt; das Waſſer in dem andern Schenkel a
will ebenfalls ſinken, und wenn dieſes ſinken ſ
muß kl ſteigen; alſo befindet ſich kl zwiſchen zw
Kräften, die ſie nach entgegengeſetzten Richtungen t
ben; und weil alles, wie angenommen wird, ru
bleibt, ſo müſſen dieſe beyden Kräfte auf kl gleich
vermögen; oder die eine muß die Ebene ſo ſtark nied
wärts drucken, als die andere aufwärts. W
klbg ein ſenkrechter Cylinder oder ein ſenkrechtes Pr
ma, ſo würde kl mit einem Gewichte gedruckt w
den, das der Laſt der Waſſerſäule gleich wäre, w
che dieſes Prisma ausfüllte. In dieſem Falle ließe ſ
alſo die Gewalt berechnen, mit welcher kl nieder
druckt würde; d. i. die Gewalt, welche derjenigen e
gegengeſetzt iſt, mit welcher kl von dem Waſſer
dem andern oder linken Schenkel aufwärts gedru
würde. Nun bleibt die letztere Gewalt einerley, wei
die Geſtalt dieſes andern Schenkels und die Men
des Waſſers in ihm einerley bleibt, und dieſe Gewa
iſt der, welche kl niederdruckt, allemal gleichgülti
wenn das Waſſer, das kl niederdruckt, ſeine Obe
fläche in der Ebene degh hat, was auch übrigens d
Röhre, darin es ſich befindet, zwiſchen kl und g
für eine Geſtalt hat. Folglich iſt der Druck des Wa
ſers in dem Schenkel ghlk auf kl allemal von Ein
Größe, ſo lange die Ebene kl und ihre Tiefe unt
degh ungeändert bleiben; und folglich allemal
groß, als er in dem Falle iſt, da man ihn berechne
kann; d. i. die Ebene kl wird von dem Waſſer übe
ihr, was auch die Röhre für eine Geſtalt hat, ſo g
druckt, wie ſie von einem Prisma voll Waſſer gedruck
würde, das kl zur Grundfläche und die Weite zw
ſchen den Ebenen kl und degh zur Höhe hätte.

Hie

Hieraus erhellet also, daß das Wasser unter keiner andern Bedingung ruhig seyn kann, als wenn es in beyden Schenkeln gleich hoch steht. Man setze, die Röhre über kl sey leer und kl selbst eine Ebene von einer festen Materie, die in die Höhlung der Röhre genau paßt, und man verhindert diese Ebene durch einen Druck auf sie zu steigen. So könnte man den andern Schenkel füllen, daß deklid voll Wasser wäre; aber sobald der Druck auf kl aufhörte, würde das Wasser die Ebene kl in die Höhe stoßen, und nicht eher ruhen, bis seine Oberfläche in beyden Schenkeln wagrecht wäre. Das Wasser nämlich in dem linken Schenkel wendet eine Kraft an, kl in die Höhe zu treiben, die so groß ist als der Druck eines Wasserprisma, dessen Grundfläche kl ist, dessen Höhe aber so viel beträgt, als kl tiefer ist als die Oberfläche des Wassers im linken Schenkel, folglich verschwindet diese Kraft, welche kl zu heben strebt, nicht eher, bis die Höhe des genannten Prisma verschwindet, d. i. bis kl in eine wagrechte Ebene mit der Oberfläche des Wassers im linken Schenkel kommt. Also ist Wasser in der Röhre nie ruhig, als wenn seine Oberflächen in beyden Schenkeln in einer einzigen wagrechten Ebene stehen.

Bisher hatten die Mathematiker und Physiker sich vorzüglich mit Versuchen beschäftigt, um mit Gewißheit das richtige Gesetz zu bestimmen, nach welchem Wasser aus der Oefnung eines Gefäßes herausspringt. Diese Versuche, von welchen bereis im zweyten Theile S. 395. u. f. umständlich geredet worden ist, bestätigten Torricelli's Gesetz, daß sich die Geschwindigkeit des herausfließenden Wassers wie die Quadratwurzel der Wasserhöhe verhalte. Ueber die Bewegung

flüſſiger Materien aber hatten Hermann, Newton, und Varignon nur einige wenige Unterſuchungen angeſtellt. Die Vervollkommnung der Analyſe hatte endlich die vollſtändigere Entwickelung der Theorie der Bewegung flüſſiger Materien zur Folge. Die beyden Bernoulli, Vater und Sohn, Johann und Daniel, waren die erſten, welche dieſe Theorie umſtändlich abhandelten. Daniel Bernoulli [u]) hatte ſeine Schrift bereits im Jahre 1730 ausgearbeitet, aber erſt im Jahr 1738 herausgegeben. Er hat ſeine ganze Theorie auf das Geſetz der Erhaltung lebendiger Kräfte gegründet, und daraus ſo viele ſeinen Vorgängern zu ſchwer gebliebene Aufgaben aufgelöſt. Seine Unterſuchungen bleiben ungemein lehrreich, weil er eine außerordentlich große Geſchicklichkeit beſaß, die Theorie mit den Erfahrungen ſo ſchön zu verbinden. Man kann in der That behaupten, daß ſeine Arbeit ein Meiſterſtück dieſes Gegenſtandes ausmacht. Da aber das Geſetz von der Erhaltung der lebendigen Kräfte damals nicht allen ein zulänglich ſicherer Grund ſchien, ſo ſuchte Johann Bernoulli [x]) ſeine Lehre von der Bewegung der flüſſigen Materien aus Sätzen, über welche alle einig ſind, herzuleiten.

Schon im Jahre 1727 hatte Daniel Bernoulli in einer Abhandlung von der Bewegung des Waſſers durch Canäle [y]) den Nutzen des Geſetzes von Erhal-

u) Hydrodynamica ſ. de viribus et motibus fluidorum commentarii. Argentor. 1738. 4.

x) Hydraulica, nunc primum detecta et demonſtrata, directe ex fundamentis pure mechanicis. an. 1732. opp. T. IV. n. 186.

y) Theoria nova de motu aquarum per canales quoscunque

Erhaltung der lebendigen Kräfte gezeigt, und selbst Johann Bernoulli hat auch die allgemeine Formel für den Ausfluß aus einem Canale, aus diesem Satze abgeleitet.

Ueber die Zusammenziehung des Wasserstrahls, welcher sich aus einem im Boden oder zur Seite befindlichen Loche ergießt, hat Daniel Bernoulli unterschiedene Betrachtungen angestellt. Wie sich die Wassertheile beym Ausflusse lenken, beobachtete er auf folgende Art. Er nahm Stückchen Siegellack, und ließ diese mit dem Wasser ausfließen; hier bemerkte er, daß die Wassertheile, so lange sie noch hoch über dem Boden sind, fast lothrecht herunter giengen, und, wenn sie ihm nahe kommen, sich nach der Oefnung zu lenken, so daß die, die dem Boden am nächsten sind, fast horizontal, die entferntern mehr vertikal da hinausfließen. Wenn sie demnach in so mannichfaltigen Richtungen an die Oefnung kommen, so kann nicht jedes seine Richtung behalten, oder sogleich eine, die der Axe des Wasserstrahls parallel wäre, annehmen, sie stoßen vielmehr selbst auf allerley Art gegen einander, und so wird theils der Wasserstrahl zusammengedruckt, und enger, als er beym Ausflusse war, theils die Bewegung des Wassers durch die Wirkung der Theilchen in einander noch nach dem Ausflusse beschleunigt, welche Beschleunigung von derjenigen zu unterscheiden ist, welche es durch die Wirkungen der Schwere als ein fallender Körper erhält. Um also die Geschwindigkeit des Ausflusses des Wassers aus der Oefnung zu berechnen, schlägt Bernoulli vor, den Quer-

quie fluentium in Comment. Petrop. T. II. ad an. 1727. p. 111.

Querſchnitt des zuſammengezogenen Waſſerſtrahls a die Grundfläche des Waſſercylinders anzunehmen.

Der Herr von Segner [z]) fieng zu Götting an, die Theorie der Hydraulik in einigen Einladung ſchriften abzuhandeln. In ſeinem Eingange bemer er, daß ſeine Abſicht vornemlich ſey, einiges, w die beyden Bernoulli analytiſch entdeckt haben, in nem kurzen ſynthetiſchen Vortrage zu lehren. In ſ nen ſechs erſten Aufſätzen ſind von ihm die Gründe d Unterſuchung gelegt worden, und in dem ſiebenten eine kurze Anwendung davon auf Waſſer enthalte welches durch eine ſehr enge Röhre fließt.

D'Alembert [a]) bedient ſich bey ſeinen Unte ſuchungen über die Lehre der Bewegung flüſſiger M terien derſelben Methode, die er in ſeiner Dynam angewendet hat. Sie beſteht darin: bey einem S ſteme von Körpern, die auf einander wirken, ſieht die Geſchwindigkeit, mit welcher jeder Körper ſich bewegen ſtrebt, als aus zweyen Theilen zuſammeng ſetzt an, deren einer aufgehoben wird, und der ande der Bewegung der übrigen Körper auf keine Art nachthe lig iſt. Bey den flüſſigen Körpern nimmt d'Alem bert noch dazu an, daß es erlaubt ſey, die flü ſige Materie durch parallele Ebenen in Schichten ein zutheilen, da alle Waſſertheilchen, welche ſich in eine Schichte befinden, gleiche Geſchwindigkeit, und pa rallele Richtungen haben. Für eine unbeſtimmte Wa ſerſchichte heiße dieſe Geſchwindigkeit v, und verwan

del

z) Exercitationum hydraulicarum faſciculus. Goetting 1747. 4.

a) Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides pou ſervir de ſuite au traité de dynamique. à Paris 1744. 4

dele sich in v — dv, indem das Wasser dieser Schichte die Stelle der nächst darunter befindlichen einnimmt. Wenn man nun annimmt, eben diese Schichte bekomme zu gleicher Zeit die Geschwindigkeit + dv (die unendlich kleine Geschwindigkeit nämlich, um welche sich die vorige änderte, aber nach entgegengesetzter Richtung), so wird die flüssige Materie im Gleichgewichte bleiben.

D'Alembert's Beweis ist folgender: da v = v — dv + dv, und man annimmt, die Geschwindigkeit jeder Schicht ändere ihre Richtung nicht, so kann man jede Schicht in dem Augenblicke, da sich ihre Geschwindigkeit v in v — dv verwandelt, ansehn, als würde sie zugleich mit der Geschwindigkeit v — dv und der Geschwindigkeit + dv getrieben. Weil sie aber von diesen beyden Geschwindigkeiten nur die erste behält, so muß die zweyte + dv so beschaffen seyn, daß sie nichts in der ersten ändert, und folglich vernichtet wird. Also würde die flüssige Materie in Ruhe bleiben, wenn jede Schicht nur die Geschwindigkeit + dv hätte.

Dieß vorausgesetzt, besteht die übrige ganze Theorie bloß in Rechnungen, deren Folgen mit den Sätzen der beyden Bernoulli meistens übereinstimmen. Uebrigens tadelt d'Alembert Johann Bernoulli's Gründe mit großer Strenge. Allein Kästner [b]) bemerkt: träfen d'Alemberts Einwendungen Bernoulli's Theorie, so wäre es einem Wunderwerke ähnlich, daß ein solches Gewebe von Ungereimts

b) Hydrodynamik. Götting. 1769. 8. 2te Ausg. 1797. 8. S. 610.

reimtheiten Wahrheit lehre. Ein Paar Irrthüme könnten ſich wohl einander aufheben, daß jemand, der ſ beyde zuſammen annehme, etwas wahres herausbring aber ſo viele ſolcher Sätze, von welchen ſich d'Alem bert mit einer Höflichkeit ausdrucke, die ſeine Gedan ken doch durchſcheinen ließe, ſollten die alle zuſamme etwas geben, das unter ſich und mit andern Wahrhe ten übereinſtimmte? Es ſey in der That ſehr leicht, g gen d'Alembert's Theorie ſo viel Schwierigkeite zu machen, als er gegen Bernoulli's Theorie m che. Man dürfe ſich nur eben ſo wenig Mühe geben ſie recht zu verſtehen.

Auch bleibt d'Alembert bloß bey den allg meinen theoretiſchen Unterſuchungen ſtehen, und übe läßt die Anwendung des Leſers eigener Bemühung.

Nächſtdem hat vorzüglich Euler in verſchied nen Abhandlungen [c]) der Methode des Johan Bernoulli mehr Allgemeinheit zu geben geſuch auch von derſelben einige praktiſche Anwendungen g macht.

Zu den Urſachen, welche machen, daß das Wa ſer in freyer Luft nicht wieder eben ſo hoch ſteigt, al es gefallen iſt, und welche bereits im 2ten Theile S 410 u. f. angeführt worden, ſetzt Käſtner [d]) noc eine hinzu, welche noch von niemanden bemerkt worde iſt: Es wird nämlich das Waſſer ſowohl in c als i g (fig. 31.) von der Atmoſphäre gedruckt. Dieſe Druc

c) Mémoir. de l'Acad. des ſcienc. de Pruſſe. 1750. 1751 1752. 1754. Nov. comment. Petrop. T. VI. und Prin cipes generaux du mouvement des fluides in den Mém de Pruſſe. 1755. p. 274 ſq.

d) Hydrodynamik. Gött. 1797. 8. S. 181 f.

Druck ist nicht an beyden Seiten gleich stark, daß man ihn deßwegen weglassen könnte. Er ist in g so viel stärker, so viel das Gewicht einer Luftsäule beträgt, die sich von d bis c erstreckt; und da diese Länge beym springenden Wasser nicht sogar geringe zu seyn pflegt, so kann man das Gewicht dieser Luftsäule nicht so leicht aus der Acht lassen, wie etwa beym Heber geschieht. Man muß es wenigstens einiger Maaßen zu kennen suchen, um daraus zu beurtheilen, ob es beträchtliche Aenderungen machen kann. Dazu kann folgendes dienen:

Wenn man in einem Barometer die Höhe des Queckſilbers bey g mäße, alsdenn das Barometer bey c brächte, wo das Queckſilber niedriger stehen müßte, so gäbe der Unterschied zwischen beyden Höhen des Queckſilbers, wie viel der Druck bey c geringer ist, als bey g. Einen Begriff hievon könne man sich, sagt Käſtner, aus schon bekannten Versuchen machen. Mariotte erzähle, das Queckſilber sey etwa um $\frac{1}{3}$ einer Linie gefallen, indem man ein Barometer aus dem Keller der Pariser Sternwarte oben hinauf, 84 Fuß höher, getragen habe. Diese Queckſilbersäule von $\frac{4}{3.144}$ eines Fußes gleiche hier einer Wassersäule von $\frac{4.14}{3.144} = \frac{7'}{54} = 0',1296$. Wäre also die Höhe dc $= 84'$, so könnte man sich die Sache so vorstellen, als würde der Druck der Luft bey c und bey g weggenommen, über der Oeſnung bey g stünde eine Wassersäule von 0,13 Fuß hoch, deren Gewicht durch das herausspringende Wasser gehoben werden müßte. Sey die Höhe dc geringer, so könne man ohne merklichen Irrthum die erwähnte Wassersäule in eben dem Ver-

hältniſſe kürzer annehmen, nur vom $\frac{7'}{108}$ für dc
42' u. ſ. w. Mariotte habe gleichviel Fall
Queckſilbers bemerkt, als er aus dem Keller 84 F
hoch, und als er von dieſer letztern Stelle noch 8
höher geſtiegen ſey. Schließe man ſo von 84' auf ger
gere Höhen, ſo ſey man ſicher, dieß Hinderniß etw
zu geringe anzugeben; denn einer Luftſäule von
bis c unterſte Hälfte enthalte dichtere Luft als
öbere, und wiege folglich mehr, als die obere, d.
ihr Gewicht betrage mehr, als die Hälfte des G
wichts der ganzen Luftſäule.

Von dem Reiben der Waſſertheilchen an d
Rändern der Oefnung, aus welcher das Waſſer h
ausſpringt, hat Euler e) einige Unterſuchungen
ſonders angeſtellt. Er theilt ſehr zuſammengeſetzte u
doch nur beynahe wahre Formeln mit, woraus ſi
durch Vergleichung mit Verſuchen das Geſetz der Fri
tion finden ließe. Auch giebt er eine ziemlich we
läufige Tafel, aus welcher man die Höhe berechn
kann, die der Geſchwindigkeit zugehört, womit d
Waſſer empor zu ſprützen anfängt. Dieſe Tafel grü
det ſich auf eine Beſtimmung der Größe der Friktio
aus gewiſſen Verſuchen, welche Verſuche Euler nic
anführt, ſondern die Beſtimmung der Größe der Fri
tion daraus nur als eine Muthmaßung angiebt, und z
letzt ſelbſt darin einig iſt, daß hiezu mehrere Verſuch
angeſtellt werden müßten.

Käſtner f) trägt in einem Syſteme die The
rie des ältern Bernoulli mit Vergleichung der Ei
ler

e) Tentamen theoriae de frictione fluidorum. Commen
nov. Petrop. T. VI.
f) Anfangsgründe der Hydrodynamik. Götting. 1769. 8
2te Aufl. 1797. 8.

lerschen Methoden vor, und Karsten [g]) handelt die Hydraulik ausführlich nach Eulern ab, und verbindet die Theorie mit sehr häufigen praktischen Anwendungen; nimmt aber auch zugleich mit Rücksicht auf die Methoden der beyden Bernoulli.

Eine vorzüglich schätzbare Sammlung von hydraulischen Maschinen mit beygefügter gehöriger Theorie veranstaltete in diesem Zeitraume Belidor [h]).

Erstes Kapitel.

Entdeckungen in der Lehre vom Gleichgewichte und von der Bewegung der Luft.

Seitdem Wolf die damals bekannten Eigenschaften der Luft in ein System unter dem Nahmen der Aerometrie gebracht hatte, hat man allgemein diese Lehre als einen besondern Theil der angewandten Mathematik betrachtet. Ja die Vervollkommnung der Analyse gab Veranlassung, die Gesetze der Bewegung elastischer flüssiger Materien zu untersuchen. Daniel Bernoulli, d'Alembert und Euler sind die ersten, welche diesen Gegenstand einer allgemeinen Betrachtung unterworfen haben. Bernoulli gründete seine Untersuchungen auf den Satz der Erhaltung lebens

g) Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. V. VI. die Hydraulik. Greifsw. 1770. 1771. 8.

h) Architecture hydraul. à Paris 1737. IV. Tomes. 4. Architectura hydraulica von Belidor. mit Wolfs Vorrede. Augspurg 1740 — 1769. 4 Bände kl. Fol.

hendiger Kräfte; dagegen zeigte Euler i), wie die Gründe der Mechanik auch hier anwenden ließ und wie man bey Auflöſung der hieher gehörigen A gaben die Rechnung führen müſſe, wenn man al genau nehmen wolle. Die ganze Lehre von der B wegung elaſtiſcher flüſſiger Materien hat Karſt unter dem Nahmen der Pnevmatik k) vorgetrage Indeſſen iſt zu bemerken, daß alle dieſe Bemühung mehr mathematiſche Gegenſtände betreffen, und da nach dem einſtimmigen Urtheile Aller das Phyſiſch was bey den Rechnungen zum Grunde liegt, bey we zem noch nicht gehörig entwickelt iſt. Folgende Erzäh lungen werden alles das enthalten, was in dieſer Lehr in dieſem Zeitraume gethan worden iſt.

Schwere der Luft.

An der Schwere der Luft zweifelte niemand mehr. Inzwiſchen hat doch noch der Profeſſor Hauſen zu Leipzig, mehr aus Neugierde, den berühmten Verſuch mit dem Waſſerbarometer angeſtellt, welchen auch der Hofrath Käſtner bey ihm geſehen hat l). Es waren mehrere ſtarke meſſingene Röhren an einander geſchro: ben, bis ſie die gehörige Länge erreichten, zwiſchen dieſen Stücken war um die Schrauben naſſes Leder gelegt, das Eindringen der Luft abzuhalten, und das oberſte Stück war eine gläſerne wie eine Glocke gebil: dete Röhre, um darin die Stelle, wo die Waſ: ſerfläche ſtehen blieb, zu bemerken. Nach Hau: ſen's

i) Principes generaux du mouvement des fluides. Mém. de l'Acad des scienc. de Prusse. an. 1755. p. 274 sqq.

k) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Greifsw. 1771. 8. B. V. S. 289.

l) Käſtners Anfangsgründe der angewandten Mathema: tik. Aerometrie §. 31.

sen's Tode ist die Maschine an den Professor Winkler gekommen, und jetzt ist sie, nebst den übrigen physikalischen Instrumenten des D. Ludwig, aus dessen Verlassenschaft, für das churfürstliche akademische Museum zu Leipzig erkauft.

Barometer und Barometerveränderungen.

Bisher hatte man verschiedene Abänderungen mit dem Barometer vorgenommen, theils um die geringste Veränderung des Drucks der Atmosphäre bemerklicher zu machen, theils aber auch, um dieß Werkzeug bequemer von einem Orte zum andern tragen zu können. Daß der Druck der Atmosphäre die wirkliche Ursache der Erhaltung des Queckſilbers in der Torricelliſchen Röhre sey, hatten schon die ersten Erfinder der Luftpumpe in der Guerickeſchen Leere gezeigt, und selbst das Barometer in selbiger als Elasticitätszeiger gebraucht. Da aber die gewöhnlichen Barometer zu diesem letzten Zwecke etwas unbequem waren, indem sie sehr hohe Recipienten erforderten, so erfand der Herr von Mairan das sogenannte abgekürzte Barometer (barometre tronqué), welches von du Fay [m]) beschrieben wird. Dieses Barometer kommt in Ansehung der äußerlichen Gestalt mit dem gewöhnlichen Barometer überein, ausgenommen daß es überhaupt nur etwa drey Zoll über der untern Queckſilberfläche hoch ist. Es wird ganz mit Queckſilber angefüllt, und an eine Skale befestigt, worauf die drey Zoll seiner Höhe mit Linien abgetheilt sind. Beym Gebrauche wird es senkrecht unter der Glocke der Luftpumpe aufgestellt. Auf die ersten Züge erfolgt noch keine Wirkung. Wenn aber der Recipient so weit verdünnt worden,

m) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, an. 1734.

den, daß ein gewöhnliches Barometer ohngefähr auf 24 Zoll fallen würde, ſo fängt das Queckſilber bey 3 an, ſich zu regen. Wenn es auf 2 Zoll herabkommt, ſo muß man ſchließen, daß die Elaſticität der unter dem Recipienten übrigen Materie 2 Zoll Queckſilbers höhe halte.

In dieſen Zeitraum fällt beſonders die merkwürdige Entdeckung der Vortheile, welche Barometer durchs Kochen des Queckſilbers erhalten. Die Veranlaſſung hiezu gab die bekannte Erſcheinung des Leuchtens der Barometer im Dunkeln, welche Picard zuerſt zufälliger Weiſe wahrgenommen hatte. Du Fay hatte nämlich bekannt gemacht, daß er die Kunſt, leuchtende Barometer zu verfertigen, von einem deutſchen Glasarbeiter erlernt habe, deſſen Methode bereits im 3ten Theile S. 437. angeführt worden iſt. Die Herrn Caſſini und le Monnier n) waren nun im Begriff, auf verſchiedenen Bergen neue Beobachtungen mit dem Barometer anzuſtellen. Zu dieſer Abſicht ließen ſie ſich vom Abt Nollet einige Röhren von verſchiedenem Durchmeſſer mit Queckſilber anfüllen, und glaubten, ſie auf ſolche Art, ohne zu befürchten, daß das Queckſilber herauslaufe, mit ſich führen zu können. Allein ſie fanden ſich getäuſcht, daher entſchloſſen ſie ſich, diejenigen Röhren, welche einen beynahe gleichen Durchmeſſer, aber verſchiedene Längen beſaßen, nach der angeführten Art des du Fay mit Queckſilber zu füllen, um zugleich eine Prüfung anzuſtellen, ob auf dieſe Weiſe die Barometer wirklich leuchtend würden. Nachdem ſie nun, wie du Fay angeführt hatte, in die Röhren einen kleinen Theil vom gereinigten Queckſilber gefüllt hatten, näherten ſie nach und nach den mit

n) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris, an. 1740.

mit Queckſilber angefüllten Theil der Röhre einem Kohlenfeuer, bis zuletzt das Queckſilber zu kochen anfieng. Dieß Kochen wurde mit beſtändigem Umdrehen der Röhre ſo lange fortgeſetzt, bis ſich keine Luftblaſe weiter entwickelte. Hiernächſt ließen ſie die Röhre mit dem Queckſilber erkalten und füllten ſie alsdenn mit gereinigtem Queckſilber vollends an. Sie fanden die auf ſolche Art zubereiteten Barometer nicht allein leuchtend, ſondern bemerkten auch zugleich daß das Queckſilber in ſelbigen auf einer größern Höhe hangen blieb, als in den gewöhnlich verfertigten.

Alle dieſe ſo gefüllten Röhren ſtürzten ſie in ein und daſſelbe mit Queckſilber angefüllte Gefäß, und bemerkten bey einerley Niveau, daß das Queckſilber in allen Röhren beſtändig auf einerley Höhe ſtand, wenn ſie gleich verſchiedene Weiten und Höhen beſaßen. Sie nahmen keine Verſchiedenheiten, wie bey den gewöhnlichen Barometern, wahr.

Bey dem allen aber hatten ſie doch noch keine richtigen Begriffe von den eigentlichen Vortheilen des Kochens.

Im Jahr 1738 hielt noch Brighton o) das Kochen für ein Mittel, den Einfluß der Wärme aufs Barometer ganz zu verhindern. Amontons hatte zuerſt erkannt, daß die beobachtete Barometerhöhe wegen der verſchiedenen Einwirkung der Wärme auf das Queckſilber einer Correktion bedürfe, und hatte eine Tabelle berechnet, welche zeigte, wie viel man bey jedem Wärmegrade ſeines Luftthermometers der beobachteten Barometerhöhe beyfügen, oder von derſelben wegnehmen müſſe, um die richtige Barometerhöhe, die eigentlich vom Drucke der Luft abhängt, zu erhalten.

Lu-

o) Philoſoph. Tranſact. n. 448.

Ludolf p) bemerkte aber, daß es eine groſse Unbequemlichkeit ſey, bey jeder beobachteten Barometerhöhe erſt nach den Tafeln zu ſehen, um ſie jedesmal zu verbeſſern; überdem meinte er, daß die Anzeige des Barometers unvollkommen ſey, weil es bloß die Höhe des Queckſilbers angebe, und daß man noch eine Rechnung anſtellen müſſe, ehe man den wahren Druck der Luft beſtimmen könne. Um nun dieſen Unbequemlichkeiten abzuhelfen, erfand er eine eigene Skale, auf welcher man unmittelbar den wahren Druck mit Inbegriff der Correktion des Einfluſſes der Wärme auf das Queckſilber beobachten könne. Dieſe Skale hat folgende Einrichtung. Sie zeigt den Druck der Atmoſphäre über einen Quadratzoll Fläche an. Hiebey ſetzt er das Verhältniß der ſpecifiſchen Gewichte des Queckſilbers und des Waſſers wie $13\frac{1}{2}:1$ voraus, ſo daß ein Cubikfuß Queckſilber 870 Pfund 1 Unze 7 Drachmen wiegt, wenn das Gewicht eines Cubikfußes Waſſer 64 Pfund 7 Unzen und 2 Drachmen beträgt. Auf ſolche Art iſt alſo der Druck einer Queckſilberſäule von 29 Zoll 7 Linien 5 Skrupel auf einer Fläche von einem Quadratzoll 14 Pfund und 15 Unzen, und der Druck einer andern Säule von 27 Zoll 2 Linien 2 Skrupel Höhe auf einer ſolchen Fläche 13 Pfund 11 Unzen. Der Unterſchied beyder Höhen beträgt alſo 2 Zoll 5 Linien 3 Skrupel, und der Unterſchied der dazu gehörigen Gewichte 20 Unzen. Theilt man nun den Raum 2 Zoll 5 Linien 3 Skrupel in 20 gleiche Theile ein, ſo wird man auf ſolche Art auf der Skale die Unter-

p) Maniere de conſtruire une échelle de baromètre, qui indique directement la véritable preſſion de l'air, et qui corrige les défauts cauſés par les alterations que la chaleur de l'air fait éprouver au mercure in Mémoir. de l'Acad. des ſcienc. de Berlin. an. 1759. p. 33 ſqq.

Unterschiede der Druckungen der Atmosphäre von einer Unze zur andern haben.

Um nun auch auf den Einfluß der Wärme Rücksicht zu nehmen, nimmt er mit Amontons an, daß sich das Queckſilber von der größten Kälte bis zur größten Sommerhitze (nach Reaumürs Queckſilberthermometer vom 14° unter o bis 22° über o) um $\frac{1}{115}$ des Volumens ausdehne.

Dieß vorausgesetzt wird auf einer rechtwinklichten messingenen Tafel (fig. 32.) die Linie ab von 3 bis 4 Zoll Länge in 36 gleiche Theile getheilt, welche die Thermometergrade nach Reaumür vom 22 Grad Wärme bis 14 Grad Kälte anzeigen. Auf ab wird hiernächst die senkrechte Linie ac gezeichnet, so daß ad = 2 Linien 8 Skrupel (als die Correktion der Barometerhöhe von 27'' 2''' 2'''' beym höchsten Wärmegrade) und dc = 2'' 5''' 3'''' ausmacht. Hierauf wird die lothrechte Linie be = cd gemacht; alsdenn theilt man beyde Linien be und cd in 20 gleiche Theile ein, und zieht durch alle Theilungspunkte Linien mit db und ce parallel.

Der Gebrauch hievon ist nun dieser. Die Skale ist hinter der Barometerhöhe beweglich. Auf dem Barometerbrete wird unten ein Queckſilberthermometer mit seiner Skale befestigt, und die ganze Vorrichtung nach Norden hin im Schatten gestellt. Bey der Beobachtung giebt man nun Acht, auf welchem Grade das Thermometer steht. Nachdem man nun den Barometerstand beobachtet hat, führt man die bewegliche Skale so weit hinter die Barometerröhre, bis der wahrgenommene Thermometergrad auf der Skale gerade hinter die Barometerröhre zu stehen kommt, und sieht nun nach, auf welcher Querlinie das Queckſilber

steht,

ſteht, und was am Ende dieſer Linie für ein Gewicht der Luft ſich befindet; alsdenn hat man den Druck der Luft auf einen Rheinländ. Duodecimal-Quadratzoll Oberfläche.

Dieſe von Ludolf angegebene Einrichtung iſt aber wenig in Gebrauch gekommen. Der Abt Friedr. Häſeler in Holzminden hat eine Beſchreibung dieſer Art Barometer gegeben [q]).

Um die Verbeſſerung und den Gebrauch der Barometer hat ſich vorzüglich de Lüc [r]) verdient gemacht. Sein Werk ward dem Herrn de la Lande im Jahr 1762 von der Königl. Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris zur Prüfung übergeben, welcher davon in der connoiſſance des mouvem. celeſtes an. 1765. p. 200-221. einen Auszug mittheilt. Erſt im Jahr 1772 wurde es gedruckt. De Lüc fand durch viele Verſuche, daß das Queckſilber jederzeit höher ſtand, wenn ſich die Oberfläche ſeiner Säule in einem weitern Theile ſeiner Röhre befand, niedriger aber, wenn ſich die Säule in einem engern Theile endigte. Daher ſtand es in ſeinen Barometern mit Behältniſſen allezeit niedriger, als in denen, die keine Behältniſſe oder Kugeln hatten. Dieſer Unterſchied ſtieg oft auf zwey Linien, und verſchwand, wenn man die untere Queckſilberfläche durch Wegnehmen oder Zugießen von Queckſilber aus dem

q) Progr. vom Ludolffſchen Barometer, zugleich einige Betrachtungen über die Beobachtung der Witterung überhaupt und über die Lage, Gegend und Geſundheit von Holzminden. Holzminden 1780. 4.

r) Recherches ſur les modifications de l'Atmoſphère. à Geneve T. I. et II. 1772. 4. de Lüc Unterſuchungen über die Atmoſphäre. Aus dem Franz. Leipz. Th. I. 1776. Th. II. 1778. 8.

dem Behältnisse heraus in Theile der Röhre brachte, die mit dem obern Schenkel einen gleichen Durchmesser hatten. Schon Cassini s) führt an, daß Plantade auf den Bergen in Roussillon und Languedoc das Queckſilber in allen engen Röhren niedriger, als in weiten, gefunden habe, welches ſelbſt die eigenen Beobachtungen des Cassini und le Monnier beſtätigten. Sie glaubten aber dieſen Unterſchied nur alsdenn zu bemerken, wenn das Queckſilber in den Röhren nicht gekocht worden war, und ſchrieben ihn daher ganz der aus dem Queckſilber in den obern Raum aufgeſtiegenen Luft zu. Allein de Lüc fand ihn auch in gekochten Barometern, und ſieht es aus dieſem Grunde für unumgänglich nothwendig an, den beyden Queckſilberflächen des Barometers gleiche Durchmeſſer zu geben, und auf die einfachſte Art der heberförmigen Barometer zurückzukommen.

De Lüc erkannte die wahren Vortheile des Auskochens des Queckſilbers in Barometerröhren. Er hatte bereits viele Verſuche angeſtellt, um zu entdecken, was für eine Urſache das Verhältniß der Queckſilberhöhen in einerley Barometern zu verſchiedenen Zeiten verändere, als er zum erſtenmale die italiäniſchen Glasarbeiter das Queckſilber in den Röhren kochen ſah, um die Barometer, wenn man ſie im Finſtern ſchüttelte, leuchtend zu machen. Dieß Verfahren, von dem er nach ſeinem eigenen Geſtändniſſe noch ſehr unvollkommene Kenntniſſe hatte, machte ihn aufmerkſam; er kochte daher ſeine eigenen Barometer, und dieſe wurden alle leuchtend. Von dieſer Bemerkung wurde er aber

s) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris an. 1733.

aber bald auf eine weit wichtigere Wirkung des Auskochens der Barometer hingeleitet. Er war nämlich aufmerkſam auf den Unterſchied der ausgekochten und gemeinen Barometer, und fand bald die großen Vortheile des Kochens. Mit Recht hält er daher das Kochen für das einzige Mittel, die Luft auf eine ſtets gleiche Menge zu bringen, welche ſich aus dem Queckſilber losmacht, und in den leeren Raum über der Queckſilberſäule aufſteigt, wo ſie nicht allein durch ihre Elaſticität die Queckſilberfläche bey ungekochten Barometern, im einen mehr, als im andern, niederdruckt, ſondern auch durch ihre Empfindlichkeit gegen die Wärme höchſt unregelmäßige Einflüſſe dieſer Wärme auf das Barometer veranlaßt. Erſt durch das Kochen wird der Stand der Barometer übereinſtimmend, und der Einfluß der Wärme auf denſelben regelmäßig gemacht. De Luc fand auch, daß ſich in den ausgekochten Barometern das Queckſilber dem obern Ende der Röhre bis auf $\frac{1}{3}$ eines Zolles nähern kann, ohne daß ſie etwas von ihrer Regelmäßigkeit verliehren. Nur bey einer noch größern Näherung merkt man einige Abweichungen: das Queckſilber ſcheint ſich in die Höhe zu ziehen, und ſeine Säule wird länger. Er erklärt ſich dieſe Erſcheinung aus der ſchiefen Lage der Seitenwände, welche man, um das Barometer zu verſchließen, zuſammengezogen hat: ſo lange das Queckſilber in dem cylindriſchen Theile der Röhre bleibt, findet dieſelbe nicht ſtatt. Es kann daher ohne Nachtheil über der höchſten Stelle, welche das Queckſilber erreichen kann, nur ein geringer Raum gelaſſen werden, wobey überdieß noch folgende zwey Vortheile ſtatt finden: einmal, daß das ganze Werkzeug ſo kurz als möglich wird, das anderemal, daß man den Raum vermindert, den das Queckſilber an hohen Orten durchlaufen muß,

muß, welches viel dazu beyträgt, das Barometer lange Zeit in seinem ersten Zustande zu erhalten.

De Lüc's gewöhnliche Barometer bestehen aus einer wo möglich durchaus gleich weiten Röhre, welche unterwärts so umgebogen worden, daß der kürzere Schenkel mit dem längern genau parallel ist. In den Theilen beyder Schenkel, in welchen das Queckſilber steigt und fällt, müssen die Querschnitte wenigstens genau gleiche Durchmesser haben. Bey der Eintheilung seiner Skale liegt der Satz zum Grunde, daß sich allezeit leichter addiren als subtrahiren lasse, besonders wenn sich Brüche bey den Zahlen befinden. Zuerst hat er längst der längern Röhre mit dem Maasstabe eine Länge von 27 Zollen bemerkt, welche sich zwischen dem obern mit o bezeichneten Punkte, und dem untern, bey welchem 7 steht, befindet. Diese Länge hat er in 27 Zolle eingetheilt, und an dem siebenten von unten hinauf gerechnet, eine Horizontallinie gezogen, welche mit o bezeichnet ist. Die Ursache dieser Einrichtung ist diese. Auf einem Berge, welcher eine solche Höhe hätte, daß das Queckſilber im kürzern Schenkel bis auf diesen Punkt stiege, würde die Höhe der durch den Druck der Atmosphäre getragenen Queckſilbersäule bloß durch die Abtheilungen, die sich über dieser Linie befänden, angegeben werden. Wenn man hingegen tiefer steht, und das Queckſilber im längern Schenkel steigt, im kürzern aber fällt, so muß man zu der Höhe, welche die obere Queckſilberfläche angiebt, noch die Länge hinzusetzen, um welche die untere Queckſilberfläche unter o herabgesunken ist.

Auf solche Art besteht also die Barometerhöhe, oder der senkrechte Abstand beyder Queckſilberflächen aus zwey Theilen, die beyde von o aus, der eine am

längern Schenkel von unten hinauf, der andern am kürzern von o hinabwärts, gerechnet werden. Uebrigens müssen die Zolle in Linien und diese nach de Lüc mit rothen Strichen in Viertel getheilt seyn. Das Augenmaas theilt leicht noch einmal in Viertel, und unterscheidet also Sechszehntheile der Pariser Linie. Steht z. B. die Quecksilberfläche im obern Schenkel auf 20, und die untere auf 4, so wäre die eigentliche Barometerhöhe 20 + 4 = 24 Zoll.

Was die nöthigen Handgriffe und Vortheile betrifft, welche bey der Wahl der Röhren, bey der Reinigung des Queckſilbers, beym Füllen und Auskochen u. s. w. zu beobachten sind, und welche der Herr de Lüc umständlich beschrieben hat, so sind diese Kenntnisse mehr für den Künstler, als für den eigentlichen Physiker.

Da man bereits angefangen hatte, mit Hülfe der Barometer Höhen auszumessen, und die bisherigen sogenannten Reisebarometer auf beschwerlichen Bergreisen nicht wohl mit sich zu führen waren, so suchte Herr de Lüc zu dieser Absicht ein vollkommenes Reisebarometer zusammenzusetzen. Es war ihm vorzüglich darum zu thun, nicht allein ein Barometer zu erhalten, das sehr bequem fortgebracht werden konnte, sondern welches auch, so viel es sich thun ließ, einen hohen Grad der Vollkommenheit besitzen sollte. Er brachte ein solches zu Stande, prüfte es durch einen zwölfjährigen Gebrauch, und versicherte sich auf solche Art von seiner vorzüglichen Güte. Die wesentlichsten Theile desselben sind folgende:

Ein Theil des kürzern Schenkels von einem Heberbarometer ist von dem übrigen getrennt, und beyde Stücke werden durch einen Hahn verbunden, der von

Elfen-

Elfenbein, der Schlüssel desselben aber von festem reinen Kork ist. Hahn und Schlüssel bekommen ein Loch, das im Schlüssel mit einem Federkiel ausgefüttert wird. Der Hahn wird zur Hälfte ins Bret des Barometers eingelassen, und durch Schrauben daran befestigt. Er bekommt einen Griff von Elfenbein.

In diesen Hahn wird der größere Theil des Barometers, an dem der lange Schenkel befindlich ist, unten eingeleimt und verkittet, der kürzere Schenkel aber oben nur fest eingesteckt. Der längere Schenkel wird noch überdieß an das Bret befestigt, und wo er sich etwa stoßen könnte, durch lederne Kissen gesichert. Skalen und Thermometer sind am Brete, wie gewöhnlich, angebracht.

Will man dieß Barometer mit sich führen, so neigt man es unter einem Winkel von 40 bis 50 Graden, wodurch sich der längere Schenkel völlig bis oben mit Queckſilber anfüllt. Verschließt man nun den Hahn, so wird dadurch das Queckſilber so eingeschlossen, daß keine Bewegung desselben mehr möglich ist. So kann man das ganze Werkzeug in umgekehrter Stellung mit sich führen, in welcher es auch empfindliche Stöße ohne Schaden verträgt. De Luc verschließt es in ein Futteral von Tannenholz, dessen Boden zugleich das Bret des Barometers ist.

Zur Beobachtung öffnet man den Hahn, ehe das Barometer senkrecht gestellt wird, damit das Queckſilber nicht allzuschnell herabfalle. Am besten neigt man es dabey unter einem Winkel von 40 bis 50 Grad. Man reinigt dann den kürzern Schenkel mit einem Wischer, und läßt durch einen papiernen Trichter etwas weniges reines Queckſilber hinein.

Das Barometer iſt mit einem eigenen Bleyloth zur ſenkrechten Stellung verſehen, hat auch ein beſonderes Stativ, und wird bey der Beobachtung durch einen Schirm vor den Sonnenſtrahlen geſchützt, welche ſonſt das Bret ungleich erwärmen möchten. Man muß einige Zeit warten, ehe man die Beobachtung anſtellt, damit das Bret die gehörige Temperatur erhalte.

Da während einer Reiſe die veränderliche Wärme einen Einfluß auf das eingeſchloſſene Queckſilber hat, und es entweder ausdehnt, oder zuſammenzieht, mithin im erſten Falle der Kork ein wenig nachgeben, im andern aber ein leerer Raum entſtehen muß, welcher durch das Anſchlagen des Queckſilbers an die Röhre bemerkt wird; ſo muß man von Zeit zu Zeit den Hahn lüften d. i. bey gehöriger Stellung des Barometers auf- und ſogleich wieder zuſchließen, jedoch, ehe man es umkehrt, nachſehen, ob etwa Luft in die Krümmung gekommen ſey, und dieſe gegen den Hahn zurückzubringen ſuchen, damit ſie bey Oefnung deſſelben herausgehe. Wenn aber eine lange Reiſe unternommen werden ſoll, oder auch das Barometer unachtſamen Perſonen anvertraut werden muß, ſo hat auch hier de Lüc für eine Einrichtung geſorgt, welche das Barometer für Beſchädigung ſichert.

Es iſt zu mehr als einer Abſicht nützlich, an einerley Orte mehrere fortgeſetzte Barometerbeobachtungen zu machen, und ſie gehörig aufzuzeichnen. Eine bequeme Einrichtung hiezu ſchlug Muſſchenbroek t) vor. Es werden nämlich auf einem großen Bogen Papier ſo viele vertikale Linien neben einander gezogen, als

t) Ephemerides meteorologiae Vltrajectinae anni 1728 in Diſſ. phyſ. et mathem. Lugd. 1729. 4. p. 673 ſqq.

als Tage in einem Monathe sind; diese Linien, welche etwas stark gezeichnet werden, dienen, um die Barometerhöhen eines jeden Tages darin vermittelst eines Punktes zu bezeichnen. Der Zwischenraum zwischen zwey solchen Vertikallinien wird in drey gleiche Theile getheilt, und durch die Theilungspunkte ebenfalls etwas schwächere Vertikallinien gezeichnet, um auf selbige mittelst Punkte die beobachteten Barometerhöhen in drey gleichen Intervallen des Tages bemerken zu können. Hiernächst wird eine von den Vertikallinien in 12 Theile getheilt (so viel nämlich Monate im Jahre sind), und durch diese Theilungspunkte werden starke Querlinien gezogen, welche alle Vertikallinien senkrecht schneiden. Zwischen diesen Querlinien werden von oben herab die Nahmen der Monate hingeschrieben. Da nun an jedem Orte aus Beobachtungen bekannt seyn muß, welches die Grenzen des höchsten und niedrigsten Barometerstandes sind, z. B. zwischen 28 und 30 Zoll, so wird ein jeder von den 12 gleichen Theilen der Vertikallinien von neuem in drey gleiche Theile getheilt, und bey diesen Theilungspunkten von unten hinauf bey jedem Monate die Zahlen 28, 29, 30 geschrieben. Ein jeder von diesen Theilen wird wiederum in 12 gleiche Theile, als Linien, getheilt, durch deren Theilungspunkte abermals schwache Linien mit jenen Querlinien, welche die Monate absondern, parallel gezogen werden, so daß also das Ganze eine Tafel wie ein Gitter vorstellt. Auf solche Art wird sich alsdenn auf eine sehr leichte Art in drey gleichen Intervallen eines jeden Tages die beobachtete Barometerhöhe gehörig einzeichnen, und eine Reihe fortgesetzter Beobachtungen mit einem Blicke übersehen lassen.

Was den Einfluß der Wärme auf das Barometer betrifft, ſo hatte bereits Amontons einige Unterſuchungen darüber angeſtellt. Dagegen leugneten aber de la Hire, du Fay und Brigthon denſelben auf die einfachen Barometer, wenigſtens auf die gekochten, gänzlich. Endlich aber hat de Lüc zuerſt genauere Unterſuchungen über dieſen ſehr wichtigen Gegenſtand angeſtellt. Er zeigt, daß auf keine andere Art übereinſtimmende Barometer verfertigt werden könnten, als wenn ſie ausgekocht würden. Er erklärt es zwar für unmöglich, Barometer ganz ohne Luft zu haben; nach ſeinem Verfahren aber würde in jedem Barometer nur wenig Luft übrig bleiben, und in einem ohngefähr ſo viel als im andern. Und ſo glaubt er, würde ſich der Einfluß der Wärme auf das Barometer beſtimmen laſſen. In dieſer Rückſicht hat er im Winter Barometer und Thermometer in einem kalten Zimmer beobachtet, das Zimmer geheizt, und nun bemerkt, was für Aenderungen der Barometer und Thermometer zuſammen geſchehen. Das Reſultat dieſer ſeiner Verſuche iſt folgendes. War der Barometerſtand 27 Zoll, und ward die Wärme ſo geändert, daß das Thermometer vom Eispunkte bis zum Siedpunkte des Waſſers ſtieg, ſo wuchs die Höhe des Queckſilbers im Barometer genau um ſechs Linien. Da dieſe ſechs Linien 96 Sechszehntheile ausmachen, ſo theilt er an einem Thermometer den Raum zwiſchen dem Eis- und Siedpunkte in 96 Theile; ein ſolcher Theil Aenderung des Thermometers ſtimmt alſo mit $\frac{1}{16}$ Linie Aenderung des Barometers zuſammen. Nun ſchien ihm nöthig, einen Wärmegrad für die Grenze an ſeinem Thermometer zu wählen, über und unter welcher die Verbeſſerungen zu machen wären. Hiezu fand er den achten Theil des ganzen Abſtandes der beyden

den äußersten Punkte, von unten herauf gerechnet, am bequemsten. Hier setzt er also o hin, zählt von da — 12 Grad bis an den Eispunkt herunter, und + 84 bis an den Siedpunkt des Wassers hinauf. Bey einem andern Barometerstande, als demjenigen, nach welchem sein Thermometer abgetheilt war, berechnet er die Aenderungen nach der Regel Detri, und giebt im §. 374. folgendes Beyspiel. Es befinde sich ein Barometer auf einem Berge bey $13\frac{1}{2}$ Zoll, das andere am Fuße desselben bey 27 Zoll. Bey jedem befindet sich ein Thermometer. Stehen beyde Thermometer bey o, so ist nichts zu verbessern. Wären sie aber beyde bey — 16, so addirt er zum Barometerstande am Fuße des Berges $\frac{16}{16}$ Linien = 1 Linie. Für das auf den Berge macht er diese Proportion: wie 27 Zoll zu $\frac{16}{16}$ einer Linie, so $13\frac{1}{2}$ Zoll zu der Menge Sechszehntheile einer Linie, die zu $13\frac{1}{2}$ Zoll müssen addirt werden: diese Menge ist $\frac{8}{16} = \frac{1}{2}$, und diese addirt er zu dem Barometerstande auf dem Berge. Wären die Barometer beyde +, so müßte eben auf diese Art abgezogen werden. De Lüc erinnert selbst, daß sich dieses Verfahren darauf gründe, daß die Queckſilbersäule von größerer Wärme länger, von geringerer kürzer wird. Man muß also aus seinen Erfahrungen annehmen, er habe sie zu einer gewissen Zeit 27 Zoll lang befunden, und dabey sein Thermometer bey o. Wenn sich sonst nichts ändert, als daß die Wärme n seiner Theile über sein o steigt, und was daraus erfolgt, so verlängert sich die genannte Queckſilbersäule um $\frac{n}{16}$ einer Linie; und verkürzt sich um so viel wenn das Thermometer n Theile unter o steht. De Lüc's Regel für die Berichtigung jedes Barometerstandes in einem

allgemeinen und kürzeſten Ausdrucke iſt folgende: $a\left(1 \mp \frac{n}{5184}\right)$, wenn a den unverbeſſerten Barometerſtand in Linien andeutet, und de Lüc's Thermometer $\pm$ n Grade zeigt. Käſtner zeigt aber, daß dieſes Verfahren nach de Lüc's Regel nicht in aller Strenge richtig, aber doch in der Ausübung brauchbar ſey. Nach de Lüc's angeführten Gründen müßte nämlich die Berichtigung in Linien ausgedrückt auf folgende Art berechnet werden: $\left(324 + \frac{n}{16}\right)$ Lin.: a Lin. $= \frac{n}{16}$ Lin.: der geſuchten Zahl, folglich dieſe $= \frac{an}{5184 + n}$, und der ganze berichtigte Barometerſtand müßte ſeyn $= a \mp \frac{an}{5184 + n} = a\left(1 \mp \frac{n}{5184 + n}\right)$, wenn de Lüc's Thermometer $\pm$ n Grade gezeigt hätte. Weil aber in den gewöhnlichſten Fällen n in Vergleichung mit 5184 ſehr klein iſt, ſo hat de Lüc die ganze Verbeſſerung des Barometerſtandes durch die Regel $a\left(1 \mp \frac{n}{5184}\right)$ angegeben, und dieſelbe bey unterſchiedenen ſeiner barometriſchen Beobachtungen berechnet. Wenn aber der Unterſchied der Barometerſtände beträchtlich iſt, und viele Beobachtungen gemacht werden, ſo ſchlägt er vor, die Thermometerſkale in dem verkehrten Verhältniſſe der Barometerſtände zu ändern, damit ein Theil der Skale, jederzeit unmittelbar, Sechszehntheile von Linien gebe. Wie die hiezu nöthigen Zeichnungen zu machen ſind, lehrt er im §. 490. u. f. Er ſtellte nämlich dieſe veränderlichen Grade des Thermometers durch die Ordinaten

naten eines Dreyecks vor, dessen Abscissen in einem verkehrten Verhältnisse der Barometerhöhen wachsen. Denn wenn die Ordinaten, welche einer jeden Abscisse zugehören, in eine gleiche Anzahl von Theilen getheilt worden, so giebt eine jede eine Skale für das Thermometer ab, welche für die der Abscisse proportionirte Barometerhöhe gebraucht werden kann.

Zu dieser Absicht trug er auf einer geraden Linie den Abstand des Eis- und Siedpunktes auf dem Thermometer ab. Den Raum zwischen diesen beyden festen Punkten theilte er in 96 gleiche Grade, und zog durch den 12ten von unten auf gerechnet, welcher die Null des Thermometers ist, eine andere Linie, welche die erstere unter einem rechten Winkel schnitt. Zur Messung der Ordinaten und Abscissen gebrauchte de Lüc einen etwa $\frac{1}{2}$ Fuß langen und in 1000 Theile getheilten Maasstab. Zum Endpunkte der Fundamentalabscisse, als welche die Thermometerskale bey 27 Zoll Barometerhöhe bestimmen soll, nahm er den Durchschnittspunkt beyder eben erwähnten Linien an, deren eine die Fundamentaleintheilung des Thermometers vorstellt, und von der andern im Punkte o rechtwinklicht durchschnitten wird. Diese Abscisse nimmt er = 1800 Theile des Maasstabes, und ordnet ihr die wahrscheinlich größte Höhe des Thermometers bey den Beobachtungen zur Applicate zu, welche er 25 Grade über o setzt. Diese beyden Coordinaten gehören nun für eine Barometerhöhe von 27 Zollen. Wenn diese Applikate in 25 gleiche Theile getheilt wird, so giebt sie eine Skale des Thermometers für eine Barometerhöhe von 27 Zoll ab, und jeder Theil zeigt $\frac{1}{10}$ einer Linie Veränderung im Stande des Barometers wegen der Wärme. Die längste Abscisse wird durch den wahrscheinlich größ-

ten

ten Fall des Barometers beſtimmt. Daher nimmt de Lüc an, man könne bis auf Höhen kommen, in welchen das Queckſilber nur 18 Zoll hoch ſtehe. Die Abſciſſe, welche dieſer Barometerhöhe zugehört, muß mit der Abſciſſe für 27 Zoll im verkehrten Verhältniſſe dieſer Höhen ſelbſt ſtehen. Nun hat man 18 : 27 = 1800 : 2700; alſo muß die größte Abſciſſe, welche Barometerhöhe von 18 Zoll zugehört, 2700 Theile des Maasſtabes haben, und von der Abſciſſe für 27 Zoll Barometerhöhe um 900 Theile verſchieden ſeyn. Auf die vorerwähnte Linie, welche den Fundamentalabſtand des Thermometers enthält, ſetzt daher de Lüc von o aus 900 Theile auf. Da ſich nun die beyden Abſciſſen unter einander wie 2 : 3 verhalten, ſo müſſen ihre Ordinaten in demſelben Verhältniſſe ſeyn. Daher richtet de Lüc am Ende der längſten Abſciſſe die Ordinate oder Applikate auf, welche für die Barometerhöhe von 18 Zoll gehören ſoll d. i. diejenige Linie, welche ſich zur Ordinate, die er 25 Grade über o geſetzt hat, wie 3 : 2 verhalten muß. Und wenn dieſe ſo wie die erſte in 25 Grade getheilt wird, ſo dient ſie zur Thermometerſkale, wenn die Barometerhöhe 18 Zoll iſt, und ihre Grade zeigen Veränderungen von Sechszehntheilen einer Linie am Barometer an. Da die Veränderungen des Queckſilbers im Thermometer beſtändig einerley Raum einnehmen, ſo darf man nur auf der Ordinate für 18 Zoll eine Länge abſchneiden, die der Länge für 27 Zoll gleich iſt. Zieht man alsdenn von einem Punkte zum andern eine gerade Linie, ſo entſteht ein Parallelogramm. Die dazwiſchen fallenden Abſciſſen werden nun durch folgende Regel gefunden: Die Barometerhöhe, welche der geſuchten Abſciſſe zugehört, verhält ſich zu 27 Zoll, wie die Abſciſſe für 27 Zoll (1800) zu der geſuchten

Ab-

Abscisse. So ist z. B. $18\frac{1}{2} : 27 = 1800 : 2627$; mithin ist die Abscisse für $18\frac{1}{2}$ Zoll Barometerhöhe 2627, wovon man 1800 als die Abscisse für 27 Zoll abzieht, und den Ueberrest 827 auf die Abscissenlinie an das Ende der Abscisse für 27 Zoll setzt. Der Punkt, bis an welchen die 827 Theile reichen, begränzt die Abscisse für $18\frac{1}{2}$ Zoll, welche um 73 Theile kürzer ist, als die für 18 Zoll. Auf eben diese Art suche man die Längen aller übrigen Abscissen für die Barometerhöhe von einem halben Zoll zum andern, und finde dafür nach einander die Zahlen 2558, 2492, 2430, 2371 u. s. Von allen diesen ziehe man 1800, oder die Abscisse für 27 Zoll ab, und trage die Unterschiede 758, 692, 630, 571 u. s. von dem Endpunkte dieser letzten Abscisse auf die Linie, welche durch o gezogen worden ist. Ihre Unterschiede sind 66, 62, 59 u. s. Für die Zahlen, bey welchen sich Brüche befinden, nehme man die Ganzen, welche ihnen am nächsten kommen, so daß die Summe aller Unterschiede der Abscissen zwischen 18 und 27 Zoll Barometerhöhe 900, als den ganzen Unterschied, ausmacht. Hiernächst verlängere man die Linie, welche durch o geht, zur Linken, um an die Reihe der vorhergehenden Zahlen noch die Unterschiede 33, 32, 31, 30 zu setzen, wodurch man die Eintheilung noch bis auf die Höhe von 29 Zoll fortsetzen kann, welche das Barometer oft am Ufer des Meeres erreicht.

Uebrigens fügt de Lüc noch folgende Tafel über die ganzen und verkürzten Abscissen bey, um denjenigen, welche sich eine solche Skale verfertigen wollen, die Mühe der Rechnung zu ersparen.

Barometerhöhe	Abscissen	Abscissen durch d. Subtraction v. 1800 Theilen verkürzt	Unterschied
18 Zoll	2700 Theile	+ 900 Theile	
18½ -	2627 -	827 -	73
19 -	2558 -	758 -	69
19½ -	2492 -	692 -	66
20 -	2430 -	630 -	62
20½ -	2371 -	571 -	59
21 -	2314 -	514 -	57
21½ -	2260 -	460 -	54
22 -	2209 -	409 -	51
22½ -	2160 -	360 -	49
23 -	2113 -	313 -	47
23½ -	2068 -	268 -	45
24 -	2025 -	225 -	43
24½ -	1984 -	184 -	41
25 -	1944 -	144 -	40
25½ -	1906 -	106 -	38
26 -	1869 -	69 -	37
26½ -	1834 -	34 -	35
27 -	1800 -	0 -	34
			900
27½ -	1767 -	33 -	33
28 -	1735 -	65 -	32
28½ -	1704 -	96 -	31
29 -	1674 -	126 -	30

Sind nun auf solche Art alle Endpunkte der Abscissen bestimmt worden, so werden die ihnen zugehörigen Ordinate aufgerichtet, welche sich an der obern Seite eines Parallelogramms endigen. Hierauf zieht man durch diejenigen Punkte, welche die ganzen Ordinate in 25 Theile theilen, Linien, deren Schiefe gegen die durch o gehende Linie immer zunimmt, je weiter

ter sich die Grade von diesem festen Punkte entfernen. Alle diese Linien laufen auf die Spitze des Dreyecks zu. So stellt jede Ordinate eine Skale des Thermometers vor, die für die der Ordinate beygeschriebene Barometerhöhe gehört. Um diese Skale noch bis auf die Grade unter Null zu erweitern, nimmt de Luc dabey zur untersten Grenze den 50ten Grad an. Daher verlängert er die Ordinate von 27 Zoll um doppelt so viel, als ihre vorige Länge beträgt, unter die Linie durch 0, weil diese Ordinate selbst nur 25 Grade hat. Eben so verfährt er auch mit der Ordinate für 18 Zoll. Hiernächst verzeichnet er, wie oben, das untere nöthige Parallelogramm, und verlängert alle obern Ordinaten bis an die untere Horizontallinie. Die Verlängerung der Ordinate für 27 Zoll theilt er in 50 Theile, welches Grade der Skale für 27 Zoll Barometerhöhe sind. Auch die Verlängerung der Ordinate für 18 Zoll theilt er in 50 Theile, und zieht Linien durch die Theilungspunkte beyder Ordinaten, deren Schiefe eben so zunimmt, wie bey den Linien des obern Dreyecks, welche die Grade über 0 abschneiden.

Würden nun durch alle Grade der Fundamentaltheilung Parallellinien mit der durch 0 gehenden Linie gezogen, so könnte man durch Vergleichung derselben mit den schiefen sehr leicht die am Thermometer beobachteten Grade auf andere bringen, welche für alle nach der Fundamentaltheilung angezeigte Höhen des Queckſilbers Sechszehntheile einer Linie am Barometer ausdruckten. Es stehe z. B. das Barometer auf 27 Zoll, und das Thermometer 12 Grad unter 0, so müßte man in diesem Falle $\frac{12}{16}$ einer Linie zur Barometerhöhe hinzusetzen. Wenn hingegen das Barometer nur 18 Zoll Höhe zeigte, so müßte man der Horizontallinie, welche

vom

vom 12ten Grade des Thermometers ausgeht, bis an ihren Durchſchnitt mit der Ordinate für 18 Zoll nachfolgen, und da ſich der Durchſchnittspunkt im 8ten Theilungspunkte unter o befindet, ſo hätte man zur Barometerhöhe nur $\frac{8}{16}$ einer Linie hinzuzuſetzen. Eben ſo könnte man für alle dazwiſchen fallende Queckſilberhöhen bey der vorigen und bey andern Temperaturen verfahren, wenn durch alle Punkte der Fundamentaltheilung Parallellinien mit der Linie durch o gezogen wären. Auf ſolche Art dachte ſich de Lüc die Rechnung zu erſparen. Die Vortheile dieſer Methode ſuchte er noch höher zu treiben, und fand ein bequemes Mittel, die Ordinate, welche der beobachteten Barometerhöhe zugehört, wirklich neben das Thermometer zu ſtellen.

Was die Barometerveränderungen betrifft, ſo haben ſich mehrere Naturforſcher dieſes Zeitraums bemüht, ihre Urſachen anzugeben.

Garcin [u]) ſuchte die Hypotheſe, welche ſchon Pascal, Beal und Wallis aufgeſtellt hatten, zu vertheidigen. Ueberhaupt ſchrieb er das Steigen des Queckſilbers im Barometer den Vermehrungen zu, welche die Dünſte in dem Volumen, dem Gewichte und der Elaſticität der Luft hervorbringen. Das Fallen leitete er vom Regen her; ſo ſagt er, wenn das Queckſilber falle, ſo regne es ſchon in einem Theile der zu unſerm Orte gehörigen Luftmaſſe, wodurch die ganze Maſſe leichter werde. Allein die Menge des Regens iſt viel zu geringe, das Fallen des Queckſilbers daher zu erklären.

Ham-

u) Journal helvetique an. 1734 und 1735.

Hamberger t) sucht die Barometerveränderungen, wie Woodward, aus dem Stoße der Dünste, welche in die Atmosphäre aufsteigen, herzuleiten. Er geht von dem Satze aus, daß die Dünste vermöge ihres größern specifischen Gewichts, als das der Luft, nicht in die Luft aufsteigen könnten. Er wisse zwar, daß die Wassertropfen von der Luft in große Blasen aufgeblasen werden könnten, deren Diameter mehr als zehnmahl größer wie der Diameter der Wassertropfen wäre; allein die Erfahrung lehrte, daß solche Blasen beständig specifisch schwerer als die Luft wären, indem sie bey stiller Atmosphäre herabfielen.

Man setze daher, sagt er, welches aber bisher noch niemand erwiesen habe, (Hamberger schien also Derhams und Wolfs Erfahrungen nicht zu kennen Th. III. S. 239.), die Dünste bestünden aus Bläschen, welche durch die Luft in ein tausendmal grösseres Volumen ausgedehnt wären, als die Wassertröpfchen, so blieben sie doch noch immer specifisch schwerer, als die Luft, und könnten daher in selbige nicht aufsteigen; sie müßten daher von einer andern körperlichen Substanz, z. B. vom Feuer, um sich zu erheben, angetrieben werden. Dieser Voraussetzung gemäß wolle er gern zugeben, daß es möglich seyn könne, daß ein Körper, dessen Höhlung vom Feuer durchdrungen, dessen äußere Cruste aus Wassertheilchen zusammengesetzt, und dessen Umfang tausend mal größer wäre, als derjenige Raum, den die Wassertröpfchen für sich einnähmen, specifisch leichter als die Luft werden könne; allein er läugne gänzlich, daß ein solcher Körper

t) Elementa physices. Jenae 1735. alter. edit. §. 477. scol. 1 sqq.

per phyſiſch erzeugt werden könne. Denn es ſey kein Grund vorhanden, auf welche Art das Feuer in den Körper eindringen, denſelben in Blaſengeſtalt ausdehnen, und ſich in der Höhlung erhalten könne. Das Feuer vermöge nur in ſolche Körper einzudringen, welche ſpecifiſch ſchwerer als daſſelbe wären, die geringſte Höhlung aber würde nicht ſpecifiſch ſchwerer, ſondern erhielte vielmehr eine Gleichheit in Anſehung des eigenthümlichen Gewichts mit dem Feuer. Ueberdies könne das Feuer in einer ſolchen Höhlung gar nicht beſtehen, wenn es auch durch eine äußere Kraft in ſelbige gezwungen werden könnte; dies ſey daraus klar, weil das Feuer aus einem jeden Körper in den angrenzenden ſpecifiſch ſchwerern übergehe. Nun ſey aber die umgebende Luft ſpecifiſch ſchwerer, als das Feuer, alſo könne eine ſolche Blaſe daſſelbe in der Luft nicht erhalten.

Eben ſo verhielte es ſich, wenn man ſich die Dünſte als Waſſertheilchen von ſo vielen Feuertheilchen umgeben vorſtellte, daß ſie ſpecifiſch leichter als die Luft würden. Mit einem Worte, es ſey unmöglich, daß die Waſſerdünſte ſpecifiſch leichter als die Luft würden.

Hamberger glaubt vielmehr, daß die Erzeugung der Dünſte eine wahre Auflöſung des Waſſers in Luft ſey, wobey dieſe als ein wirkliches Auflöſungsmittel wirke. Das Aufſteigen der Dünſte ſchreibt er der Bewegung der Feuertheilchen zu, welche ſich nach denjenigen Lufttheilen hinzögen, die kälter als das Waſſer wären, und folglich immer nach dem obern kälteſten Theile der Atmoſphäre giengen. Dieſe Feuertheilchen reißen die Waſſertheile durch die Bewegung, welche ſie ihnen mittheilen, mit ſich fort, obgleich die letztern ſpecifiſch ſchwerer als die Luft ſind. Als Beyſpiele

führt

führt er die Theilchen an, welche von dem glühenden Eisen abgehen, wenn man's von den Kohlen nimmt, und die kleinen Tröpfchen, die von den flüssigen Materien, wenn sie siede wollen, in die Höhe steigen. Diese von dem Feuer mit Gewalt fortgerissene Wassertheilchen stoßen gegen die Luft, und vermindern also ihren Druck gegen die Erde; also müßte das Barometer während dieses Aufsteigens fallen. Und da diese Wassertheilchen der Stoff des Regens sind, so muß das Fallen des Barometers, welches ihre Gegenwart in der Luft anzeigt, Regen ankündigen.

Chrst. Ludwig Gersten y) nimmt mit Halley die Winde als die Hauptursache der Barometerveränderungen an, sucht diese aber auf eine der Halley'schen ganz entgegengesetzte Art zu erklären.

Zuerst stellt er eine neue Theorie von der Fortpflanzung zitternder Schwingungen durch eine Reihe elastischer und einander berührender Körper auf. Wenn, seiner Meynung nach, irgend eine Ursache dergleichen Bewegungen in einem zusammengedruckten elastischen Körper hervorbringe, so theile er dieselben dem andern angrenzenden elastischen Körpern mit. So lange diese Ursache fortwirke, oder auch die einmal erregte Bewegung durch den Widerstand noch nicht unterdrückt worden sey, so lange wären alle diese elastischen Körper mehr ausgedehnt, als zuvor. Diesen Satz wendet er alsdenn auf die Barometerveränderungen an. Hiebey nimmt er die Voraussetzung an, die Sonne gebe der Atmosphäre eine regelmäßige Bewegung, welche zwi-

y) Diss. tentamina syst. novi ad mutationes barom. ex natura elateris aërii demonstr. Frf. 1733. 8.

zwischen den Wendekreisen von Morgen nach Abend gehe, und außer denselben ein wenig von Osten nach Norden oder Süden abweiche. Diese Bewegung bringe kein Zittern der Lufttheilchen hervor, sondern lasse sie ungestört in dem Zustande, in welchem sie den Gesetzen des Drucks unterworfen wären. In unserm Klima werde dadurch ein beständiger Nordostwind erregt, und das Barometer stehe hoch. Durch das Zusammenstoßen des Nordost- und Südwestwindes in den elastischen Theilen der Luft aber würden zitternde Schwingungen erzeugt, wodurch die Atmosphäre ausgedehnt werde. Aus dieser Ursache drucke sie weniger auf die Oberfläche der Erde, und veranlasse dadurch das Fallen des Barometers.

Nach Daniel Bernoulli's [z]) Meynung liegt die Ursache der Barometerveränderungen vorzüglich in den geschwinden Veränderungen der Wärme in unterirdischen Höhlen und Gängen der Erde. Die zunehmende unterirdische Wärme treibe nämlich Luft aus den Höhlen; dadurch werde die Atmosphäre vermehrt, und das Barometer steige. Von derselben Ursache rühre auch das Fallen des Quecksilbers her. Wenn nämlich die Grundwärme abnehme, soll sich die eingeschlossene Luft verdichten, die Atmosphäre aber, um die Höhlen und Gänge auszufüllen, niedriger werden, und nicht mehr so stark als vorher auf das Quecksilber drucken.

Aus dieser seiner Hypothese folgert er, daß diejenigen Oerter, welche den unterirdischen Höhlen am nächsten liegen, den Winden und Barometerveränderungen am meisten ausgesetzt wären. Vielleicht sey dieß auch die Ursache, warum gegen den Aequator zu, wo

z) Hydrodynamica, sect. X. §. 20 sqq.

wo fast allenthalben ein gleicher Druck statt finde, weniger Barometerveränderungen wahrgenommen würden, als gegen die nördlichen Gegenden zu.

Allein aus allen Erfahrungen ist bekannt, daß die unterirdische Temperatur sich ziemlich gleich bleibt; man bemerkt gar nicht so gewaltsame aus der Erde kommende Luftströme, und die Erfahrung lehrt, daß das Barometer vielmehr bey zunehmender Wärme falle.

Segner [a]) nimmt als die vorzüglichste Ursache der Barometerveränderungen die Winde an. Schon Hawksbee hat durch eine besondere Einrichtung gezeigt, daß die Luft leichter werde, wenn sie in eine starke Bewegung kommt (Th. II. S. 441 f.). Diese Vorrichtung verbesserte Segner. Seine Beschreibung ist diese: Eine aus zweyen Theilen zusammengesetzte hölzerne Büchse (fig. 33.) ab, deren innere Höhlung cylindrisch, und an beyden entgegengesetzten Enden halbkugelförmig ausgehölt ist, wird mit zwey Röhren cd und eb, welche in die innere Höhlung hineingehen, versehen. Die eine cd läßt sich mit einiger Mühe herausziehen; die andere Röhre hingegen, die jener entgegengesetzt ist, ist mit der Büchse fest verbunden, und viel weiter als cd. Mit der innern Höhlung der Büchse ab ist unten eine heberförmig gekrümmte Röhre gnh verbunden, welche mit einer flüssigen Materie ohngefähr in der Hälfte zwischen dem obersten Punkt g und dem untersten der Röhre angefüllt ist. Wenn man nun durch irgend eine Vorrichtung Wind

a) Invitat. ad diff. medic. cond. von Lubken. praemittitur quaedam de mutatione barometrorum a ventis. Goetting. 1743. 4.

Wind durch die Röhre bey e heftig in die Höhlung der Büchſe a b hineinbläßt, wodurch die Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft vermindert wird, ſo ſteigt der Liquor in dem Schenkel o g in die Höhe, in dem andern hingegen fällt er herab; und es wird der Verluſt der Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft deſto größer ſeyn, je ſchwerer die flüſſige Materie iſt, welche die heberförmige Röhre faßt. Wenn im Gegentheil die Elaſticität der in der Büchſe eingeſchloſſenen Luft vergrößert wird, ſo folgen entgegengeſetzte Wirkungen: der Liquor in der Röhre g o fällt herab, in der andern h n ſteigt er. Dieß findet beſonders in dem Falle ſtatt, wenn auf beyden Seiten durch die Röhren Wind in die Büchſe geblaſen wird.

Aus dieſen und ähnlichen Verſuchen, meint Segner, laſſe ſich die Veränderung der Barometer leicht und genugthuend erklären. Wenn nämlich in der Atmoſphäre Winde weheten, ſo käme es darauf an, ob dieſe durch irgend eine Urſache in die Enge getrieben würden, wie z. B. in gebirgigen Gegenden durch den Anſtoß an Berge, oder auch durch entgegengeſetzte Winde, oder ob das Gegentheil ſtatt fände; im erſten Falle müßte das Barometer allemal ſteigen, im andern aber fallen.

Auch le Cat [b]) ſucht die Barometerveränderungen von den Winden herzuleiten, und ſetzt dabey voraus, daß erwärmte Luft weniger, als kalte oder dichte Luft drucke. Daher, ſagt er, komme es, daß die Luft unter dem Aequator ein ſehr geringes Steigen des Queckſilbers im Barometer verurſache, dagegen die Nordluft ein beträchtliches Steigen zuwege bringe.

Wenn

b) Nouv. magaſin françois 1750. M. Decembre.

Wenn daher in unsern Gegenden der Ost- Nord- Ostwind wehe, so führte uns dieser eine dichte Luft zu, und der Erfolg davon wäre, daß die Barometer steigen müßten; wenn dagegen der Süd- Süd-Westwind herrsche, so führte uns dieser Aequator-Luft zu, und das Queckſilber müßte fallen. Daß es aber von dieser Regel Ausnahmen gäbe, darüber dürfe man sich nicht wundern, indem in vielen Fällen, besonders in unsern Gegenden, die Winde nicht von Einer, sondern von verschiedenen Gegenden her wehten, wodurch die Luft in Ansehung ihres Drucks ungemein vielen Modifikationen unterworfen wäre. — Die Erfahrung ist aber doch dieser Hypothese ganz entgegen. —

Kratzenstein c) und Toaldo d) haben die Barometerveränderungen vorzüglich vom Stande des Mondes herleiten wollen, indem dieser eben so gut auf die Atmosphäre, wie auf das Meerwasser wirken müsse. Toaldo besonders wollte durch eine 40jährige Beobachtung gefunden haben, daß die Neumonde, vorzüglich in der Erdnähe, niedrigen Barometerstand und Sturm mit sich bringen. — Der Einfluß des Mondes auf unsere Atmosphäre kann zwar, wie alle nachherige Beobachtungen gelehrt haben, nicht geläugnet werden; allein er kann unmöglich die alleinige Ursache der Barometerveränderungen seyn, indem diese unter dem Aequator viel stärker und regelmäßiger seyn müßten, als näher gegen die Pole hin, welches aber doch gerade umgekehrt ist.

De

c) Abhandlung vom Einflusse des Mondes in die Witterung. Halle 1746. 1771. 8.

d) Saggio meteorologico. Patova 1770. 4.

De Lüc e) gründet ſeine Erklärung der Barometerveränderungen auf den Satz, daß die Dünſte viel leichter wären, als die gemeine Luft. Stiegen nämlich die Dünſte in die Atmoſphäre, ſo verdrängten ſie aus den Stellen, welche ſie einnähmen, die weit ſchwerere Luft, folglich würden die mit Dünſten beladenen Luftſchichten allemal leichter, als die reine Luft, und das Queckſilber müßte fallen. Fielen aber die Dünſte herab, ſo würde nun die ſchwerere Luft in dieſe Stellen, wo die Dünſte waren, wieder zurückkehren, und das Barometer würde wieder ſteigen. Hieraus erklärt ſich das Fallen des Queckſilbers vor dem Regen, und das Steigen deſſelben nach dem Regen oder bey der Rückkehr guter Witterung. Allein nach dieſer Hypotheſe iſt es nicht möglich zu erklären, warum die Barometerveränderungen unter dem Aequator ſo unmerklich ſind, da doch daſelbſt die Dünſte weit ſtärker, als in andern Gegenden der Erde, aufſteigen, und die Witterung ebenfalls abwechſelnd iſt. Dieſe ſeine Hypotheſe wird aber von ihm nachher dadurch widerlegt, daß er ſich eine ganz andere Vorſtellung von der Entſtehung der Dünſte, und der Verwandlung derſelben in der Atmoſphäre macht f).

Luftpumpe und Elaſticität der Luft.

Die Luftpumpen mit Hähnen haben von der erſten Erfindung an beſtändig den meiſten Beyfall erhalten, vermuthlich weil dieſe Art von Luftpumpen dauerhaf-

e) Unterſuchungen über die Atmoſphäre. Th. II. §. 665. u. f.

f) Mémoir. ſur les inſtruments, qui ſont propres aux experiences de l'air in den Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1740. 1741. imgl. Leçons de phyſ. experim. T. III. leç. X.

haster, als die mit Ventilen, bearbeitet werden können. In diesem Zeitraume wurden sie beynahe allgemein eingeführt; nur in England sind die Ventile mehr im Gebrauch geblieben. Da es bey dem Auspumpen der Luft an Luftpumpen mit Hähnen sehr aufhält, daß bey jedem Zuge der Hahn anders gedreht werden muß, bevor die Arbeit fortgesetzt werden kann, so hatte schon s'Gravesande die Anordnung seiner Luftpumpe so gemacht, daß einerley Mechanismus sowohl die Kolben zu bewegen diente, als auch jedesmal beym Anfange eines neuen Zuges den Hahn wieder in seine rechte Lage versetzte. Eine ähnliche Anordnung hat nach s'Gravesande der Abt Nollet bey seiner doppelten Luftpumpe angebracht.

Nollet hat überhaupt zwey von ihm erfundene Einrichtungen der Luftpumpe angegeben. Seine einfache Luftpumpe, welche vorzüglichen Beyfall erhalten hat, kömmt in Ansehung des äußerlichen Ansehens mit der Boyleschen und Papin'schen überein. Der Cylinder steht auf seinem Fußgestelle vertikal, und der Stempel wird wie bey der Papin'schen vermittelst eines Steigbügels mit einem Fuße herunter, und durch eine aufwärts gehende Stange an einem Handgriffe mit der Hand wieder aufgezogen. Der Hahn ist oberhalb des Cylinders wie bey der Boyleschen angebracht, jedoch mit dem Unterschiede daß hier der Stöpsel nicht nöthig ist, um die Luft aus dem Cylinder zu lassen. Der Nolletsche Hahn ist nämlich wie der Sengwerdsche doppelt durchbohrt, so daß man durch abwechselnde Stellung des Griffs entweder den Cylinder mit dem Teller, oder mit der äußern Luft in Verbindung bringen kann. Beym Gebrauche dieser Pumpe muß man also vor dem Niedertreten den Hahn in die eine, und vor dem Her-

aufziehen desselben in die andere Stellung versetzen. Vor die Oefnung des Hahns setzt Nollet ein Ventil, welches wohl die Luft aus dem Cylinder heraus, aber keine äußere Luft hinein läßt. Die Absicht hiebey ist, das Aufziehen des Stempels zu erleichtern. Ist nämlich der Stempel niedergetreten worden, so tritt aus dem Recipienten in den Raum des Cylinders Luft, welche eine geringere Dichtigkeit als die äußere atmosphärische Luft besitzt. Wird hiernächst der Hahn so geöffnet, daß die äußere Luft mit dem Cylinder in Verbindung steht, so schlüpft die äußere Luft, wenn kein Ventil da ist, in den Cylinder so lange hinein, bis die innere so dicht als die äußere ist. Liegt aber das Ventil vor der Oefnung, so enthält der Cylinder Luft von weit geringerer Dichtigkeit, als die äußere atmosphärische, und der Druck der Atmosphäre von unten auf treibt den Kolben beynahe selbst wieder zurück, so daß die arbeitende Person nur wenig nachzuhelfen hat, um den Kolben ganz einzustoßen. Man sieht übrigens sehr leicht, daß diese Pumpe auch als Compressionsmaschine gebraucht werden kann, wenn das Ventil vom Hahne weggenommen wird.

Nollet's doppelte Luftpumpe kömmt in Ansehung der mechanischen Anordnung, die Kolben zu bewegen, mit der Hawksbee'schen Luftpumpe überein. Die beyden Cylinder stehen neben einander vertikal, in welche die Stempel mit den gezahnten Zugstangen von unten hineingehen, und vermittelst eines Sternrades durch eine lange Kurbel bewegt werden. Gleich über beyden Cylindern ist ein Aufsatz angebracht, worin ein Hahn steckt, welcher so durchbohrt ist, daß er beym Hin- und Herwenden bald den einen, bald den andern Cylinder mit dem Recipienten in abwechselnde Verbin-

dung

dung bringt. Hawksbee war genöthigt, beyde Cylinder unten durch eine Communikationsröhre zu verbinden, und von derselben eine ziemlich lange Röhre bis nach den Teller hinauf zu leiten. Nollet führt aber sehr gute Gründe an, weßwegen er gesucht habe, eine so lange Verbindungsröhre zu vermeiden. Die Kurbel, welche das Rad dreht, dreht zugleich bey jedem Anfange eines neuen Zuges den Hahn gehörig um, und zwar vermittelst eines kurzen Zapfens, der das Ende vom Griffe des Hahns ergreift, solches durch einen Bogen mit herumführt, wodurch eben der Hahn die gehörige Stellung erhält. Hierbey müssen aber die Kolben selbst sich nicht mit dem Hahne zugleich bewegen, sondern der Hahn muß jedesmal schon in seine rechte Stellung gebracht seyn, bevor die Kolben ihre Bewegung anfangen. Die hiezu nöthige mechanische Einrichtung hat Nollet umständlich und deutlich beschrieben, und würde hier anzuführen zu weitläuftig seyn, da besonders diese Luftpumpe außer Frankreich nicht in Gebrauch gekommen ist.

Die Luftpumpen mit Hähnen wurden den Luftpumpen mit Ventilen auch besonders deßwegen vorgezogen, weil sie nicht allein als Verdünnungs- sondern auch sehr bequem als Compressions-Maschinen gebraucht werden konnten. In England allein blieben die Luftpumpen mit Ventilen mehr gebräuchlich, und auch die Engländer waren es, welche sich bemühten, diese Art von Luftpumpen zu einem größern Grade der Vollkommenheit zu bringen. Vorzüglich gab sich der englische Künstler, Johann Smeaton, Mühe, alle Mängel, welchen die Luftpumpen mit Ventilen bisher ausgesetzt waren, durch einen sinnreichen Mechanismus zu verbessern, und sie vornemlich auch zum

Ver-

Verdichten der Luft einzurichten. Die von ihm erfundene Luftpumpe gab er im Jahr 1759 an g).

Smeaton's Luftpumpe hat nur einen Cylinder, und gehört daher in die Claſſe der einfachen Pumpen. Der Cylinder ſteht vertikal und aufrecht, die Oefnung für die Stempelſtange iſt oben, der Boden des Stiefels unten, und zur Bewegung des Kolbens iſt die Fuhrmannswinde beybehalten worden. Die Kolbenſtange iſt länger als gewöhnlich, und mehr denn doppelt ſo lang, als der Cylinder: ſie iſt aber nur ſo weit mit Zähnen verſehen, als ſie über dem Cylinder hervorragt, wenn der Kolben ganz unten am Boden des Cylinders ſteht. Dieſe letzte Einrichtung war nöthig, weil man auch im Cylinder den Raum über dem Kolben bis an die obere Oefnung des Cylinders, wo die Stange durchgeht, gegen den Zugang der äußern Luft verwahren wollte. Um deswillen iſt die oberſte Oefnung des Cylinders mit einem Deckel verſchloſſen worden, woſelbſt die Kolbenſtange durch einen ledernen Ring hindurchgeht, der an dieſelbe feſt anſchließen muß, ſo wie der Kolben ſelbſt an der innern Fläche des Cylinders anſchließt. Das mit Zähnen verſehene Stück der Kolbenſtange, welches bey dieſer Einrichtung nie in den Cylinder hineintritt, muß noch etwas länger ſeyn, als das Stück, welches in dem Cylinder ſteckt, wenn der Kolben auf dem Boden deſſelben liegt, und die Kurbel mit dem Trilling muß in hinlänglicher Höhe über dem oberſten Deckel des Cylinders befeſtigt ſeyn. Dieß iſt auf folgende Art zuwege gebracht. Das Fußgeſtelle der Pumpe iſt wie ein Tiſch mit vier Füßen eingerichtet, und die Bänder zwiſchen den Füßen, nebſt dem

g) A letter, concerning ſome improvements made in the Air-Pump. Philoſ. Tranſ. Vol. XXVII. n. 69.

dem Tischblatte, dienen dem Cylinder zur Befestigung. Oben über dem Tischblatte stehen zu beyden Seiten des Cylinders und der hervorragenden Stange ein Paar lothrechte Säulen, die oben so mit einander verbunden sind, daß der Verband der Axe des Trillings zur Unterlage dient, die zugleich so hoch über dem Deckel des Cylinders erhaben ist, als die Länge des Zugs erfordert. Auf dem Tischblatte stehen vier andere Säulen, welche eine Platte tragen, worauf der Teller befestigt ist, nebst noch einem Schraubengestelle, welches die Glocke zu befestigen dient, wenn man die Luft unter selbiger verdichten will.

Die fig. 34. stellt einen vertikalen Schnitt durch die Axe des Cylinders a b und einer von dem Boden des Cylinders seitwärts horizontal fortlaufenden Röhre c d vor. Der Kolben hat ein Ventil, welches die Luft von unten nach oben durchläßt, ihr aber von oben nach unten den Rückweg verschließt. Im Boden des Cylinders liegt ein anderes Ventil e, welches die Luft ebenfalls nach oben durchläßt, ihr aber den Rückweg von oben nach unten verschließt. Hieraus erhellt, daß die Pumpe, wenn die Röhre c d ununterbrochen bis zum Teller der Luftpumpe hinaufgeführt, und alsdenn der Cylinder oben offen wäre, bloß zum Verdünnen der Luft unter der Glocke dienen würde. Sie sollte aber auch als Compressionsmaschine brauchbar seyn: deßwegen ist die Röhre c d nicht allein vermittelst eines daselbst angebrachten Hahns unterbrochen, sondern auch die Einrichtung so gemacht worden, daß sich diese Röhre mittelst des Hahns in zwey Aeste vertheilt, davon ein jeder nach Gefallen verschlossen werden kann. Die Abbildung stellt einen Schnitt durch die Axe des Hahns vor; wovon e f g h die Hülse ist,

in

in welcher der koniſche Zapfen genau paßt. Ferner iſt k der Kopf des Hahns, welcher mit drey horizontalen Schweifen, wie kl, verſehen iſt, die am Mittelpunkte k gleiche Winkel mit einander einſchließen. Die innere Einrichtung des Hahns ſelbſt lernt man am beſten kennen, wenn man ſich durch die horizontale Axe der Röhre cd eine Ebene vorſtellt, welche die Axe des Hahns ſenkrecht ſchneidet; ihr Durchſchnitt mit dieſer Röhre ſtelle die fig. 35. vor. Der Umfang des Ringes dnm iſt in drey gleiche Bogen getheilt, und der Mittelpunkt der Oefnung d, womit die Röhre cd zuſammenhängt, iſt der erſte von den Theilungspunkten. Da, wo die beyden übrigen Theilungspunkte hinfallen, bey m und n, hat die Hülſe ebenfalls Oefnungen. Von m geht eine Röhre hinauf nach dem Teller, worauf die Glocke ſteht; von n aber geht eine andere Röhre nach der oberſten Oefnung des Cylinders hinauf, und hängt daſelbſt mit dem innern Raume des Cylinders ſo zuſammen, wie es in der fig. 34. bey opq vorgeſtellt iſt. Der in der fig. 35. vorgeſtellte innere Kreis ſtellt einen horizontalen Querſchnitt des Hahns vor, welcher in der fig. 36. beſonders gezeichnet iſt. Hieſelbſt iſt v der Mittelpunkt des Kreiſes in der Axe des Hahns, die Peripherie iſt in drey gleiche Bogen bey 1, 2, 3 getheilt; von 1 erſtreckt ſich ein Canal bis 2; bey 3 geht ein Canal gegen die Axe des Hahns zu, biegt ſich aber bey y aufwärts, ſo wie es die fig. 34. bey dz vorſtellt. Mit v1, v2, v3 ſind die drey Schweife des Hahns parallel.

Wenn nun der Hahn in ſeiner Hülſe ſteckt, und die Oefnung 1 (fig. 36.) auf d (fig. 34.) zutrifft, ſo trifft 2 (fig. 36.) auf m (fig. 35.), und 3 (fig. 36.) auf n (fig. 35.) zu; alſo iſt ein Weg von c durch d

und

und m nach dem Raume unter der Glocke, und überdem ein Weg oben von dem Cylinder bey o (fig. 34.) durch p, q, n (fig. 35.) und y bis z (fig. 34.) offen, so daß die Luft unter der Glocke mit der Luft im Cylinder unter dem Kolben, und überdem die Luft über dem Kolben mit der äußern Luft Gemeinschaft hat. Demnach dient nun die Pumpe, die Luft unter der Glocke zu verdünnen, und deßwegen ist auf dem mit (fig. 36.) v r parallelen Schweif des Hahns der Buchstab e gestochen, welches ein Merkmal, den Hahn recht zu stellen, abgiebt. Beym Heraufziehen des Stempels tritt von der Luft unter der Glocke ein Theil durch den Weg d c t in den Raum unter dem Stempel im Cylinder, und die über dem Kolben befindliche Luft nimmt den Ausweg durch o p q. Beym Herabwinden des Stempels schließt sich das Ventil t, und die unter dem Kolben vorher hinein getretene Luft steigt durch das Kolbenventil über den Kolben hinauf. Ob nun gleich diese Luft schon verdünnt ist, so würde sie doch, sobald sie über dem Kolben hinauf kommt, mit der äußern Luft einerley Dichtigkeit annehmen, wenn die Verbindung durch o p q mit der äußern Luft beständig offen bliebe. Um dieß zu verhindern, ist bey o ein kleines Ventil angebracht, welches das Eindringen der äußern Luft verhindert, bis durch Verengerung des Raums über dem Stempel die daselbst befindliche Luft anfängt dichter zu werden, als die äußere, da sie alsdenn das Ventil aufstößt, und ihren Ausgang findet.

Wenn man den Hahn in seiner Hülse so dreht, daß (fig. 36.) 3 auf (fig. 35.) d zutrifft, so trifft (fig. 36.) 1 auf (fig. 35.) m, und (fig. 36.) 2 auf (fig. 35.) n zu. Demnach hat nun die äußere Luft durch (fig. 34.) z d c t mit der Luft unter dem Stempel im

Cylin-

Cylinder Gemeinſchaft: von der Luft über dem Stempel aber geht ein Weg durch opq und (fig. 35.) n, m (zwiſchen dieſen Oefnungen liegt nun der Canal (fig. 36.) von 1, 2) bis zu der Luft unter der Glocke hinauf. Dieſem nach dient nun die Pumpe dazu, die Luft unter der Glocke zu verdichten. Beym Heraufziehen des Stempels tritt die äußere Luft durch (fig. 34.) zdc, öfnet das Ventil t, und begiebt ſich in den Raum, der unter dem Stempel leer wird; die über dem Stempel ſchon befindliche Luft geht zugleich durch opq in den Raum unter der Glocke. Beym Herabwinden des Stempels ſtößt die vorhin in den Cylinder von außen hinein getretene Luft das Kolbenventil auf, und begiebt ſich in den Raum über dem Kolben, da ſie dann wegen des Ventils bey o ihre natürliche Dichtigkeit anfänglich behält, bis ſie der hinauf gehende Stempel ſo weit verdichtet hat, daß ihre Dichtigkeit diejenige zu übertreffen anfängt, welche die unter der Glocke jetzt befindliche Luft ſchon erlangt hat. Das Ventil o dient alſo bey beyderley Arbeit, die Mühe zu erleichtern, und ein ähnlicher Vortheil war auch bey der s'Graveſand'ſchen und Mollerſchen Pumpe angebracht.

Schon lange hatte man bey Luftpumpen die ledernen Ventile verworfen. Statt derſelben ſchneidet man aus einem Stück von einer Blaſe einen Streifen, welcher die nöthige Breite beſitzt, und ſpannt denſelben gerade über der Oefnung aus, die man mit einem Ventil ſchließen will. Es iſt leicht einzuſehen, daß dieß die Stelle eines Ventils vertrete, wenn das Stück Blaſe nach Art eines Bandes nur an beyden Enden befeſtigt iſt. Von der Seite, wo die Blaſe aufliegt, druckt die Luft ſie nur deſto feſter an; wenn aber die Luft von der andern Seite druckt, ſo hebt ſie die Blaſe in der

Mit-

Mitte ein wenig, und bläßt alsdenn zu beyden Seiten heraus. Mit dergleichen Ventilen hatte schon Hawksbée seine Luftpumpe versehen, und man kann ihnen blos den Fehler zur Last legen, daß eine sehr verdünnte Luft, wenn sie durch eine sehr kleine Oefnung gehen soll, nicht Elasticität genug besitzt, die Blase zu heben. Der Druck der Luft gegen die Blase ließe sich zwar durch Erweiterung der Oefnung vergrößern, welche die Blase als ein Ventil verschließen soll; allein dabey würde man in eine andere Unbequemlichkeit verfallen. Wenn nämlich von der andern Seite, wo die Blase aufliegt, eine viel dichtere Luft gegen die Blase druckt, so entsteht bey einer großen Oefnung in der Blase eine Vertiefung, und man läuft Gefahr, daß die Blase zerreiße. Smeaton hat bey seinen Ventilen beyde Fehler zu vermeiden gesucht. Bey seiner Luftpumpe hat das Bodenstück des Stiefels eine runde Vertiefung (fig. 34.) t f, womit unten die Röhre c d zusammenhängt. Diese Vertiefung ist im Durchmesser dreymal weiter, als die Röhre c d, und über ihre obere Oefnung ist die Ventilblase ausgespannt. Demnach ist hier die Fläche der Ventilöfnung neunmal weiter, als sie seyn würde, wenn die Röhre c d unmittelbar mit der Blase bedeckt wäre, also der Druck der Luft gegen die Blase neunmal größer, als wenn das Ventil wie sonst gewöhnlich eingerichtet wäre. Damit nun aber hier nicht die andere Unbequemlichkeit eintrete, und die unter dem Stempel befindliche Luft, wenn der Stempel sie zusammendruckt, die Blase zersprenge, so bringt Smeaton über der Oefnung t f ein zartes Netz von Metall an, das aus sieben Sechsecken besteht, wovon ihrer sechs um das Siebende in der Mitte befindliche herum liegen. Dies Netz (fig. 37.) i k befindet sich in der Mitte einer metallenen Scheibe a b c d, welche

auf dem Boden des Stiefels liegt. Der Blaſe giebt Smeaton die Geſtalt a b c d, ſo daß ſie an vier Enden um den Rand des Ringes gelegt, und ſo befeſtigt wird. Zwiſchen dieſen vier Stellen bey a, b, c, d ſind die Bogen e, f, g, h ein klein wenig erhöhet, damit der Stempel, wenn derſelbe unten an dem Ventil etwas angedrucket wird, die Blaſe nicht beſchädige.

Wenn nun der Stempel unten an dem Ventil allenthalben genau anſchließt; ſo wird auf dieſe Art auch zuwege gebracht, daß alle Luft, die unter dem Kolben vorhanden iſt, durch das Kolbenventil hinaufzutreten gezwungen wird. Eben darum iſt in der Mitte der übrigens ebenen und glatten Grundfläche des Kolbens eine kleine Oefnung (fig. 34.) i befindlich, der Kolben iſt hohl, und gleich über der Oefnung i liegt das Ventil x y. Durch das darüber befindliche Stück des Kolbens gehen ein Paar kleine Oefnungen m und n hindurch, um die durch das Ventil getretene Luft hinaufzulaſſen. Nun wird nur ein ſehr geringer Theil der bey jedem Zuge während des Auspumpens in den Cylinder hineingetretenen Luft zwiſchen dem Kolben- und dem Bodenventil ſtecken bleiben, etwa ſo viel, als den kleinen Canal i bis an die Blaſe x y ausfüllt. Dieſe iſt indeſſen wegen des bey o angebrachten Ventils mit der Luft unter der Glocke beynahe gleich ſtark verdünnt, und kann deswegen bey dem folgenden Zuge der fernern Verdünnung nicht merklich hinderlich ſeyn. Wenn das Ventil bey o nicht befindlich wäre, ſo würde die unter dem Kolben zurückbleibende Luft mit der äuſſern gleiche Dichtigkeit haben, und alsdenn der fernern Verdünnung ſo ſehr hinderlich ſeyn, daß man ſie nur bis auf eine gewiſſe Grenze treiben könnte. Uebrigens kommt es nun bey dieſer Pumpe noch vorzüglich darauf an,

daß

daß der Stempel oben an dem Deckel des Cylinders in seinem höchsten Stande recht genau anschließe, und daß bey o zwischen dem dortigen Ventil und dem Kolben so wenig Luft, als möglich, stecken bleibe, weil sie daselbst mit der äußern einerley Dichtigkeit hat; doch ist sie hier so schädlich nicht, als bey solchen Pumpen, wo sie zwischen dem Hahn und dem Kolben stecken bleibt.

Sollte diese Maschine als Compressionsmaschine gebraucht werden, so hatte Smeaton die Einrichtung so gemacht, daß die Glocke, in welcher die Luft comprimirt werden sollte, durch Schrauben und andere Vorrichtungen fest an den Teller gedruckt werden konnte.

Ob nun gleich die Luftpumpe mit Hähnen, so wie auch die Smeatonsche Luftpumpe, als Compressionsmaschinen gebraucht werden konnten, so hatte man doch, vermuthlich der Bequemlichkeit wegen, eigene Compressionsmaschinen erdacht. Nach Hawksbee'n schlug der Abt Nollet h) hiezu ein kupfernes Rohr (fig. 38.) c d vor, dessen beyde Enden d und c aufwärts gebogen sind. Bey b befindet sich eine hohle 7 bis 8 Linien lange Schraube, um einen Teller, eine Kugel oder ein anderes mit einem Hahne versehenes verschlossenes Gefäß aufschrauben zu können. Der Hahn e ist wie bey der Sengwerdschen Luftpumpe, einmal diametral, das andere mal schief mit einem bey m ausgehenden Canale durchbohrt. Am Ende d befindet sich eine Pumpe a d, oder ein metallener Stiefel mit einem genau einpassenden Kolben. Kehrt man nun den Hahn so, daß sein bey m ausgehender Canal mit dem Theile

h) Art des experiences, Tom. III, p. 10. sq.

le d verbunden wird, und zieht den Kolben auf, ſo füllt ſich der Stiefel der Pumpe ad mit Luft aus dem Zimmer. Hierauf wendet man den Hahn anders, daß nunmehr der gerade durchgehende Canal beyde Theile d und c mit einander verbindet, und ſtößt den Kolben nieder, ſo wird die vorher im Stiefel ad befindliche Luft durch den Hahn nach c und in das aufgeſchraubte Gefäß oder in die auf dem Teller befeſtigte Glocke getrieben. Man giebt dem Hahne wiederum die erſte Stellung, und füllt durch Aufziehung des Kolbens den Stiefel aufs neue mit Luft aus dem Zimmer u. ſ. w. Durch mehrere Wiederholungen dieſes Verfahrens kann man alſo in ein verſchloſſenes Gefäß oder unter eine wohl befeſtigte Glocke mit jedem Zuge mehr Luft bringen.

Weil aber das beſtändige Hin- und Herwenden des Hahns die Operation mit der Nolletſchen Compreſſionsmaſchine beſchwerlich macht, ſo hat Winkler i) eine ſehr bequeme Compreſſionsmaſchine angegeben. Sie beſteht aus einem meſſingenen Rohre (fig. 39.) ab mit einem Kolben, der durch die Kolbenſtange c und den Griff d auf- und niedergezogen wird. Bey e iſt ein kleines Loch, durch welches die äußere Luft hineinfähret, wenn man den Kolben über das Loch heraufziehet. Bey b iſt ein Blaſenventil, welches die Luft zwar aus eb in bf, aber nicht aus bf in be zurück läßt. Das Rohr ab iſt durch eine Schraube mit dem horizontalliegenden und am andern Ende aufwärts gebogenen Rohre bfg verbunden, auf deſſen Ende g das Gefäß, in welchem man die Luft verdichten will, aufgeſchraubt werden kann. Werden nun dieſe Röhren auf ein hölzernes Geſtelle befeſtigt, ſo geben ſie eine

ſehr

i) Anfangsgründe der Phyſik. Leipzig 1754. 8. S. 130.

sehr bequeme Compressionsmaschine ab, worauf man mit dem Fuße treten, und so den Kolben in einer vortheilhaften Stellung des Körpers aufziehen kann.

Da unter der Glocke kein ganz luftleerer Raum bewirkt werden kann, so hatten auch schon die ersten Erfinder der Luftpumpe darauf gedacht, einen so genannten Elasticitätszeiger zu erfinden. Eine solche Vorrichtung hat man sehr irrig selbst in dem größten Theile dieses Zeitraums für einen Dichtigkeitsmesser angesehen. Hawksbée's Merkurialzeiger (Th. II. S. 457.) diente blos, zu beurtheilen, wie weit sich die Verminderung des Drucks der unter der Glocke befindlichen elastischen Materie treiben lasse. Daher gab Smeaton eine etwas andere Einrichtung an, damit sie auch dienen könne, zu zeigen, wie weit sich die Verdichtung unter der Glocke bringen lasse. Smeatons Merkurialzeiger ist eine unten bey (fig. 40.) f umgebogene Röhre, wovon beyde Schenkel vertikal sind. Der längere Schenkel hängt oben bey g mit dem Teller der Pumpe, wie der von Hawksbée, zusammen, und der kürzere ist bey c zugeschmolzen. In diese Röhre bringt man Quecksilber hinein, und zwar so, daß ein Theil des Schenkels cf mit Luft angefüllt bleibt. Wenn dies so eingerichtet wird, daß das Quecksilber in beyden Schenkeln gleich hoch bis an die Horizontallinie a b steht, und die Oefnung g mit der äußern Luft Gemeinschaft hat, so ist die Elasticität der in bc angeschlossenen Luft mit der Elasticität der äußern einerley. Fängt man nun an, die Luft unter der Glocke wegzupumpen, so tritt das Quecksilber aus dem kürzern Schenkel in den längern hinein, und steigt in dem leztern desto höher, je weiter das Auspumpen getrieben wird. Man erkennt also hieraus die Elasticität der zurückgebliebenen Ma-

terie aus der Höhe, um welche ſich das Queckſilber über die Horizontallinie a b erhebt. Auf einer gehörig befeſtigten Tafel h i können alsdann Abtheilungen angebracht werden, um die Größe der erreichten Höhe in dem längern Schenkel zu erkennen.

Wenn hingegen die Luft unter der Glocke verdichtet wird, ſo ſteigt alsdann das Queckſilber in dem kürzern Schenkel b c höher hinauf und ſinkt in dem andern Schenkel unter a, und es läßt ſich wiederum auf dieſe Weiſe beſtimmen, wie ſtark die unter der Glocke befindliche Luft comprimirt ſey.

Smeaton erkannte zwar, daß ſein Merkurialzeiger blos die Elaſticität der unter der Glocke befindlichen Materie anzeige, aber keineswegs ein Dichtigkeitsmeſſer ſey, und gab daher, um die Dichtigkeit der unter der Glocke verdünnten Luft unmittelbar zu meſſen, ein anderes Werkzeug an, welches er von ſeiner äußern Geſtalt die Birnprobe nennt. Gleichwohl ſcheint er doch alle Vorzüge dieſes ſeines Inſtruments nicht ganz gekannt zu haben. Es hat folgende Einrichtung. Ein hohles gläſernes Gefäß (fig. 41.) d e, welches unten bey e offen iſt, und ungefähr ſo wie eine Birne ausſieht, hängt mit einer engen Röhre f g zuſammen, die oben bey g zugeſchmolzen iſt. Das Verhältniß vom Inhalte des ganzen Gefäßes zum Inhalte der Röhre f g muß bekannt ſeyn; alsdenn iſt man aber auch im Stande, an f g eine kleine Tafel zu befeſtigen, und Abtheilungen darauf zu machen, welche bey g anfangen, und wovon eine jede ein Tauſendtheilchen vom Inhalte des ganzen Gefäßes anzeigt. Dieſen ganzen Apparat hängt man mittelſt eines an der Tafel bey c befindlichen Ringes an den Haken eines Drathes, welcher durch den Kopf einer Glocke ſo geht, daß man ihn auf- und

abwärts

abwärts schieben kann, ohne doch Luft durchzulassen. Unter die Oefnung e der aufgehängten Birnprobe setzt man ein Gefäß k l mit Queckſilber so, daß die Oefnung e anfänglich das Queckſilber nicht erreicht. Hierauf läßt man nun unter der Glocke mittelst der Luftpumpe die Luft auspumpen; alsdann druckt man den Stift b c tiefer abwärts, damit sich die Oefnung e ins Queckſilber eintauche, läßt hierauf die äußere Luft wieder unter die Glocke, welche nun das Queckſilber ins Gefäß hineintreiben, und vermittelst desselben die verdünnte Luft zusammenpressen wird, welche darinn noch übrig war, und mit der verdünnten Luft unter der Glocke einerley Dichtigkeit hatte. Diese Luft wird sich nun oben bey g in einen kleinen Raum begeben haben, und aus den auf der Tafel angebrachten Abtheilungen erkennt man das Verhältniß dieses Raums zum Inhalte des Gefäßes, folglich auch das Verhältniß ihrer jetzigen Dichtigkeit zur vorigen, da sie durch den Raum des ganzen Gefäßes ausgebreitet war. Weil die Oefnung e ziemlich weit ist, so kann man das Queckſilber ausgießen, so daß der in f g hineingetretene Theil zurückbleibt. Hält man alsdenn die Röhre horizontal, so wird die bey g befindliche Luft blos von der Atmosphäre zusammengepreßt, und ihre Dichtigkeit ist alsdenn der Dichtigkeit der äußern Luft gleich. Die Tafel zeigt also nun an, wie vielmal sie vorher dünner gewesen sey, als die äußere Luft.

Man schloß sonst aus den Resultaten, welche die Elasticitätszeiger zeigen, auf die Verdünnung der Luft unter der Glocke, und hielt sie für einerley mit denen, welche die Birnprobe angiebt. Diese irrige Meynung hatte die Folge, daß man sich nicht zu erklären wußte, woher die großen Unterschiede zwischen den aus der Ba-

rometerprobe und den aus der Birnprobe geſchloſſenen Verdünnungen kämen. Endlich aber zeigte Nairne [k]), daß man bey der Barometerprobe nicht auf die Verdünnung der Luft ſchließen könne, wie bey der Birnprobe. Er unterſuchte die Wirkungen beyder Proben an einer Smeatonſchen Luftpumpe. Die Ausleerung der Luft konnte er bis über das 1000 fache treiben; aber es ſtieg ſo viel Feuchtigkeit und Dampf auf, daß die ganze in der Glocke befindliche Materie kaum über 70 bis 80 mal dünner werden konnte, als die äußere Luft. Beym Verdünnen der Luft ſteigen nämlich elaſtiſche Dämpfe auf, welche die Stelle der Luft einnehmen, und auf den Elaſticitätszeiger wirken, die aber bey der Birnprobe durch Zulaſſung der äußern Luft niedergeſchlagen werden, und daher keine Wirkung mehr auf das Queckſilber ausüben können. Die Vergleichung der Birnprobe mit der Barometerprobe beſtimmt folglich, welcher Theil der ganzen unter der Glocke befindlichen Materie aus Luft, und welcher Theil aus aufgeſtiegenen Dämpfen beſtehe.

Eine vollſtändige Anleitung zur Berechnung des Effekts und der mechaniſchen Anordnung verſchiedener Luftpumpen giebt Karſten [l]).

Eine andre Einrichtung einer Luftpumpe, welche ſich auf gewiſſe Eigenſchaften des heißen Waſſerdampfes gründet, ſchlug im Jahre 1769. Wilke [m]) vor. Die Natur der Waſſerdämpfe, ſagt er, ſcheint, außer andern vortheilhaften Anwendungen, auch auf zweyerley

k) Philoſ. Tranſact. Vol. LXVII. n. 22.

l) Lehrbegriff der geſammten Mathematik; Pneumatik. Th. VI. Abſchn. VI.

m) Abhandl. der königl. ſchwed. Akadem. der Wiſſenſch. für 1769. 31ter B. S. 31. u. f.

ley Art zu Untersuchung der Körper im luftleeren Raume, oder zu so genannten Luftpumpen dienlich zu seyn. Erstlich könnte man unmittelbar einen Körper in den Raum bringen, den die heißen Dämpfe erfüllt hätten, und solchen durch derselben Abkühlung plötzlich in einem leeren Raume haben; auf eine andere Art aber, welche mit unsern gewöhnlichen Luftpumpen mehr Aehnlichkeit hätte, ließe sich die Luft vermittelst dieses leeren Raums verdünnen, indem sie aus andern Gefäßen in selbige träte, aus Glocken u. d. g. die man zu Versuchen gebrauche.

Die zu diesem Zwecke von ihm vorgeschlagene Maschine besteht aus einer dichten messingenen Blase mit rundem Boden, welche drey mit Röhren und Hähnen versehene Oefnungen hat. Durch das untere Rohr können mittelst eines langen gekrümmten Zugrohrs Wasserdämpfe aus einem auf Kohlen stehenden Theekessel in die Blase geleitet werden, welche die darin befindliche Luft durch das zweyte Rohr zur Seite austreiben. Das dritte Rohr am obern Theile der Blase geht in den Teller, auf welchem die Glocke steht. Die ganze Blase ist mit einem dünnen messingenen Cylinder umgeben, welcher überall um $\frac{1}{4}$ Zoll von ihr absteht, und oben offen bleibt. Während die Blase mit Dämpfen gefüllt wird, bleibt der Hahn nach der Glocke zu verschlossen, bis die Dämpfe anfangen, zum Seitenrohre herauszudringen. Alsdann verschließt man die Hähne des untern und Seitenrohrs, gießt in den Cylinder kaltes Wasser, bis dasselbe aus einem im Boden befindlichen Loche eben so kalt wieder herauskommt, und so entsteht durch die Verdichtung der Dämpfe ein leerer Raum in der Blase. Oefnet man nun den Hahn, der zur Glocke führet, so verbreitet sich die unter ihr befind-

liche Luft mit durch die Blaſe, und man kann ſie durch Wiederholung des Verfahrens immer mehr verdünnen. Herrn Wilke gelang es, durch eine ganz leicht gebaute und nicht große Maſchine dieſer Art die Luft 130 mal zu verdünnen.

Das Geſetz, nach welchem ſich die Luft ausbreitet, und verdichtet, welches von Mariotte das Mariottiſche Geſetz genannt wird, ſchien aus einigen Beobachtungen des Maraldi Zweifeln unterworfen zu ſeyn; allein Bouguer n) hat in Amerika durch viele mit ſeiner Reiſegeſellſchaft wiederholte Verſuche, ſelbſt auf den höchſten Bergen, und bey ſehr ſtarken Verdünnungen der Luft das Mariottiſche Geſetz allemal richtig gefunden.

Ob aber dieſes Geſetz bey allen möglichen Graden der Verdünnung und Verdichtung der Luft ſtatt finde, iſt wenigſtens durch Erfahrung nicht ausgemacht. Ueberhaupt iſt es unbekannt, wie weit ſich die Luft verdünnen und verdichten laſſe. Muſſchenbroek o) berichtet, daß ſich das Waſſer in einem abgekürzten Waſſerbarometer unter dem verdünnten Raume der Luftpumpe beynahe völlig niederbringen laſſe, welches eine Luft, die mehr als 4000 mal verdünnt wäre, anzeigen würde. Allein der Abt Nollet p) führt an, daß die beſte Luftpumpe das Queckſilber nicht tiefer, als ohngefähr eine Linie, bringen, und folglich die Luft nur etwa 300 mal verdünnen könne. Dagegen verſichert Smeaton q), er habe mit Hülfe ſeiner Birnprobe gefun-

n) Sur les dilatations de l'air dans l'atmoſphère in den Mémoir. de Paris. 1753.

o) Introd. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 867.

p) Leçons de phyſ. exper. Tom. III. p. 225.

q) Philoſoph. Tranſact. Vol. XLVII. art. 69.

gefunden, daß seine Luftpumpe, wenn sie rein zusammengesetzt worden sey, die Luft ordentlich ohngefähr 1000 mal verdünne. Die Feuchtigkeit aber, die in den Stiefel und in andre innere Theile mit hineindringe, wenn man die Luft hineinlasse, werde bey den folgenden Versuchen mit dem Oele, das zum Einschmieren dieser Theile nöthig sey, durchgearbeitet, und mache bald alles so schlammicht, daß die Pumpe auf eine so zarte flüssige Materie, als die Luft sey, in der vorerwähnten starken Ausdehnung nicht mehr wirke; doch habe es selten gefehlt, daß diese Wirkung nicht so weit gegangen sey, die Luft 500 mal zu verdünnen, obgleich die Luftpumpe verschiedene Monate nach einander ungereinigt gebraucht worden war.

Was die condensirte Luft betrifft, so wollte Sulzer [s]) aus Versuchen gefunden haben, daß das Mariottische Gesetz bey einer sieben bis acht mal dichten Luft, als die Atmosphäre ist, beträchtlich abweiche. Winkler [t]) hingegen hatte dies Gesetz noch beym achtfachen Drucke richtig befunden. Allgemeine Untersuchungen über das noch unbekannte Gesetz der Dichtigkeit der Luft bey starken Zusammenpressungen haben d'Alembert [u]) und Euler [v]) angestellt.

Ueberhaupt aber haben die Schwierigkeiten, welche damit verbunden sind, wenn man recht stark verdichtes

r) Nouv. essai sur la mesure des hauteurs par le moyen du baromètre in den Mémoir. de Prusse. 1753. p. 114. sqq. übers. im alten Hamb. Magaz. B. 17. St. 6.

s) Untersuchungen der Natur und Kunst. Leipz. 1765. 8. Abh. II. S. 98.

t) Traité des fluides. liv. I, ch. VI.

u) Tentam. explicat. phaenom. aeris §. 22. sqq. in Comment. Petrop. Tom. II. imgl. Erläuterte Artillerie S. 85. 95.

dichtere Luft zuwege bringen will, bisher nicht verſtattet, entſcheidende Verſuche darüber anzuſtellen: wie weit ſich die Luft durch uns bekannte Kräfte der Natur zuſammenpreſſen laſſe, und ob es hier eine Grenze gebe, die man ſchlechthin nicht überſchreiten könne? Hales v) hat vermittelſt einer Preſſe eine 38 mal dichtere Luft, als die Atmoſphäre iſt, zu Stande gebracht. Er nahm eine 4,006 Zoll lange und 0,016 Zoll im Durchmeſſer weite Röhre, ſchmolz ſie an dem einen Ende zu, und ſetzte das offene Ende in eine kleine Phiole, worin etwas Queckſilber mit ein wenig blau gefärbtem Terpentingeiſt war: die Phiole mit der Röhre ſetzte er hernach in eine große eiſerne vorher mit Waſſer gefüllte Bombe, deren Oefnung mit einem aus Stechpalmenholz verfertigten und mit Kitt aus Wachs und Terpentinöl beſtrichenen Zapfen verſchloſſen wurde. Hierauf ward der Zapfen vermittelſt einer Preſſe mit Gewalt in die Bombe hinein gedruckt, ſo lange bis das Waſſer durch den Zapfen durchdrang; und da nunmehr die Phiole mit dem Zapfen herausgenommen war, ſo fand man die gläſerne Röhre inwendig ſo weit gefärbt bis auf ein Stückchen am zugeſchmolzenen Ende von 0,012 eines Zolles, und bis in dieſen kleinen Raum war alſo die Luft zuſammengepreßt geweſen. Die Zahl, welche anzeigt, wie vielmal die zuſammengepreßte Luft dichter als die natürliche geweſen ſey, giebt Hales auf 38,44 an. Wie er dieſe Zahl gefunden, hat er nicht genau angeführt. Um eine noch ſtärker verdichtete Luft zu Stande zu bringen, brachte Hales die vorige mit Waſſer gefüllte Bombe, nachdem vorher die Phiole mit der Röhre wie zuvor hineingeſetzt war, bey recht ſtarkem Froſtwetter unter die Preſſe. Er bedeckte hier-

v) Statique des vegetaux et analyſe de l'air, trad. de l'Anglois p. *Buffon* Par. 1735. append. p. 389. ſqq.

hierauf die Bombe mit einer groſsen Menge zerriebenen Eises, welches mit einem Drittheil Meersalz vermischt war. Kurze Zeit nachher zersprengte die davon entstandene groſse Kälte nicht allein die Bombe, sondern auch die eingeschlossene Phiole mit der Röhre, und innerhalb der Bombe befand sich eine Eisrinde von $\frac{3}{4}$ Zoll Dicke. Auf solche Art konnte er die Gröſse des Raums, worin die Luft zusammengepreſst worden war, nicht unmittelbar messen, und er suchte ihn daher durch Rechnung so zu bestimmen. Er berechnet die Gewalt, welche nöthig gewesen ist, die Bombe zu zersprengen, und nimmt an, die eingeschlossene Luft sey mit eben der Gewalt zusammengepreſst gewesen; jene Gewalt findet er 1837 mal gröſser, als den natürlichen Druck der Atmosphäre, und schlieſst daraus, die Luft in der Röhre sey in einen 1838 mal kleinern Raum gepreſst gewesen. Karsten w) bemerkt aber bey diesem Versuche, daſs sich dagegen noch sehr vieles mit Grunde einwenden lasse. Gesetzt auch, sagt er, daſs die Luft in der kleinen Glasröhre wirklich einem so starken Drucke ausgesetzt gewesen sey, als die Rechnung annehme, so wisse man ja, daſs das Mariottische Gesetz der Elasticität der Luft bey starken Zusammenpressungen gewiſs nicht mehr gelte. Es folge daher nicht, wenn die Luft einem ohngefähr 1500 mal gröſsern Drucke ausgesetzt gewesen sey, als die Atmosphäre, so sey sie auch 1500 mal dichter gewesen, als die Atmosphäre sey. Ueberdem führt er an, daſs nach Halley's Bericht aus Erfahrungen, welche zu London und von der Academie del Cimento angestellt sind, geschlossen worden, daſs keine Kraft vermögend sey, die Luft 800 mal dichter zu machen, als die Atmosphäre sey. Halley habe zwar

w) Lehrbegriff der gesammten Mathematik. B. VI. Pneumatik. Abschn. VII. §. 151.

zwar die Erfahrungen und Verſuche ſelbſt nicht erzählt, deswegen auch Amontons x) noch zweifele, ob man dieſe Grenzen anzunehmen berechtiget ſey; allein ſie könnten doch ihre Richtigkeit haben. Daher meine er, daß der Haleſiſche Verſuch gar nicht zu gebrauchen ſey, um darzuthun, daß die Luft einer ſo ſtarken Zuſammenpreſſung fähig ſey.

Die Verſuche, aus welchen der eben angeführte Sulzer folgerte, daß das Mariottiſche Geſetz ſchon bey einer achtfachen Verdichtung der Luft nicht mehr ſtatt finde, ſind folgende:

Er nahm ein halb Dutzend gläſerne hinlänglich weite Röhren, um die Adhärenz des Queckſilbers an der innern Fläche der Röhre unmerklich zu machen. Dieſe Röhren ließ er mit Hülfe meſſingener Hülſen an einander ſetzen, und mit Siegellack in einander kitten, um aus allen eine einzige lange Röhre zu erhalten, die zu dieſer Abſicht eben ſo gut war, als wenn ſie aus einem Stück geweſen wäre. Als er das Ende dieſer Röhre umgebogen hatte, ließ er auf eben die Art, wie vorhin, eine weitere Röhre, welche Einen Fuß Länge hatte, daran ſetzen, und machte dieſe mit der langen Röhre parallel. Oben an der weiten Röhre war ein Röhrchen mit einer ſehr engen Oefnung befeſtigt. Dieſen ſo zubereiteten Apparat befeſtigte er an einem Stücke Holz in vertikaler Richtung. Vorher aber war die Röhre genau in Zolle eingetheilt. Hierauf wurde nun in die lange Röhre etwas Queckſilber eingegoſſen, welches unten einen gewiſſen Raum einnahm, um eine Horizontallinie zu erhalten, von welcher die Höhen in beyden Röhren angerechnet werden konnten.

Zu

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, 1702.

Zu dieser Absicht wurde das kleine Röhrchen, welches an der weitern Röhre befestigt war, so lange offen gelassen, damit die Luft dadurch ausweichen konnte, indem das Quecksilber eingegossen wurde. Hierauf wurde aber die Oefnung dieses kleinen Röhrchens mit Siegellack verschlossen, und neben der weitern Röhre ein Fahrenheitsches Thermometer aufgehängt, um die Wärme während des Versuchs beobachten zu können. Der ganze Versuch ward in freyer Luft angestellt, und gab folgende Resultate nach Rheinländischem Maaße:

Höhe des Barometers	Zustand des Thermometers	Höhe des Quecks. in der langen Röhre	Raum, den die Luft eingenommen hatte
24,56 Zoll	70 Grad	0,00 Zoll	11,00 Zoll
	70 –	2,30 –	10,00 –
	70 –	5,18 –	9,00 –
	70 –	7,00 –	8,00 –
	70½ –	13,75 –	7,00 –
	70¾ –	16,43 –	6,50 –
	71 –	19,57 –	6,00 –
	71 –	23,55 –	5,50 –
	70½ –	28,00 –	4,85 –
	71 –	33,79 –	4,50 –
	71 –	48,60 –	3,50 –
	72 –	59,77 –	3,00 –
	72½ –	66,50 –	2,75 –
	73 –	74,60 –	2,50 –
	73½ –	84,50 –	2,25 –
	74 –	96,40 –	2,00 –
24,48 Zoll	73 –	111,15 –	1,87 –

Nach diesen Versuchen ließ Sulzer alles in dem Zustande, welchen die letzten Zahlen anzeigen, während 5 Stunden. Nachdem er hierauf die Beschaf-

ſchaffenheit der Röhre unterſuchte, nahm er wahr, daß die Sonne indeſſen das Thermometer bis auf 81 Grade getrieben hatte. Die Queckſilberſäule in der langen Röhre war ohngefähr um 4 Zoll geſtiegen, und die zuſammengedruckte Luft hatte wegen des Hinzukommens dieſer neuen Wärme die Oberfläche des Queckſilbers platt gedruckt; indeſſen nahm daſſelbe doch noch den vorigen Raum bis auf 1,87 Zolle ein. Dieſer Umſtand verſicherte ihn, daß die Röhren keine Luft und kein Queckſilber durchgelaſſen hatten; zu gleicher Zeit konnte er daraus erſehen, daß die kleine Veränderung des Thermometers während des Verſuchs keinen merklichen Einfluß haben könnte, die Höhen des Queckſilbers in beyden Röhren zu ändern.

Eben ſo ſtellte Sulzer hernach einen zweyten, und einige Zeit darauf einen dritten Verſuch an. Den Erfolg aller drey Verſuche bringt er in eine einzige Tabelle zuſammen, in welcher er zugleich zu den Säulen des preſſenden Queckſilbers die damaligen Barometerhöhen hinzugefügt hat, um den geſammten Druck zu erhalten. Während ſeines erſten Verſuchs war das Barometer um 0,08 gefallen, und dieſe hat er auch nach und nach davon abgezogen; deßwegen hat er auch eine Reduction der Zahlen auf andre vorgenommen, um eine gewiſſe Einheit, ſo wohl für die Höhe des Barometers, als auch für den Raum, welchen die Luft vor der Preſſung eingenommen hatte, feſtzuſetzen.

Tafel,

Tafel, welche die Dichtigkeiten der Luft für bestimmte comprimirende Gewichte anzeigt.

1. Erfahrung.		2. Erfahrung.		3. Erfahrung.	
comprimirende Gewichte	Dichtigkeiten	comprimirende Gewichte	Dichtigkeiten	comprimirende Gewichte	Dichtigkeiten
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,093	1,100	1,224	1,236	1,076	1,091
1,211	1,222	1,288	1,294	1,183	1,200
1,284	1,375	1,332	1,375	1,303	1,333
1,559	1,571	1,417	1,466	1,472	1,500
1,669	1,692	1,515	1,571	1,695	1,714
1,796	1,833	1,647	1,692	1,900	2,000
1,958	2,000	1,802	1,894	2,241	2,400
2,130	2,288	1,964	2,000	2,793	3,000
2,375	2,444	2,392	2,444	3,631	4,000
2,936	3,143	2,693	2,750	5,297	6,000
3,391	3,666	3,078	3,143	6,835	8,000
3,706	4,000	3,575	3,666		
4,035	4,444	4,320	4,444		
4,438	4,888	5,096	5,500		
4,922	5,500	6,694	7,333		
5,522	5,882				

Die Resultate dieser drey Versuche stimmen nicht vollkommen zusammen, worüber man nach Sulzern sich nicht wundern dürfe, weil der geringste Fehler in der Schätzung des Drucks der Luft einen merklichen Fehler in Ansehung der Quecksilberhöhe in der langen Röhre hervorbringe. Sulzer bemerkt, daß die dritte Erfahrung am sichersten ist. Ausserdem hatte er ein Mittel gefunden, den Apparat in dem untersten Stockwerke seines Hauses so anzubringen, daß das obere Ende desselben bis zur ersten Etage reichte. Auf solche Art konnte er sehr genau die Höhe des Quecksilbers in der weiten Röhre bemerken, und der Gehülfe

bey dieſem Verſuche konnte eben ſo bequem gerade ſo viel Queckſilber nachgießen, als Sulzer verlangte. Ueberdem machte die immer gleiche Temperatur des untern Stockwerks, daß während der ganzen Zeit des Verſuchs einerley Wärmegrad blieb.

Aus dieſen Beobachtungen ſchließt Sulzer: 1. daß die Dichtigkeit der Luft immer größer iſt, als die druckende Kraft, 2. daß der Ueberſchuß der Dichtigkeit über die druckende Kraft zunimmt, je dichter die Luft iſt. Um alſo das Geſetz der Zuſammendruckung der Luft auszudrücken, nennt Sulzer die druckende Kraft P, und die dazu gehörige Dichtigkeit der Luft D; dies Geſetz iſt alſo $D = P^{\pi}$, wo der Exponent π eine Funktion von P iſt.

Vermiſchte Bemerkungen und Erfindungen.

Nach welchem Geſetze die Wärme auf die Ausdehnung der Luft wirke, hatte Amontons mittelſt ſeines Luftthermometers zu unterſuchen angefangen. (Th. II. S. 468.). Er hatte bemerkt, daß die Luft bey der temperirten Wärme und der Siedhitze des Waſſers in Anſehung ihrer Elaſticität ſich wie 3 : 4 verhalte. Daniel Bernoulli y) hat dieſen Gegenſtand weiter verfolgt, und angeführt, daß ſeinen Verſuchen zu Folge in den Gegenden um Petersburg die Elaſticität der wärmſten Luft noch nicht ſo groß ſey, als Amontons der temperirten Luft zugeſchrieben habe. Er glaubt, daß ſeinen Erfahrungen mehr Glauben beygemeſſen werden könne, als denen des Amontons, weil bey dieſen das Volumen der Luft nicht einerley geblieben wäre, und Amontons die Veränderungen deſſelben nicht mit in Rechnung gebracht hätte. Er fand,

y) Hydrodynamica ſect. X. §. 7. ſqq.

fand, daß sich die Elasticitäten der Luft bey der Siedhitze des Wassers, bey der größten Sommerhitze und bey der größten Kälte in den Gegenden um Petersburg wie 6, 4, 3 verhielten. Seine Versuche, aus welchen er diese Resultate schloß, sind folgende. Er nahm ein gewöhnliches Barometer (fig. 42.) acbe, und verschloß die Oefnung m hermetisch; auf solche Art verwandelte er dies Werkzeug in ein Lufthermometer, das den Barometerveränderungen nicht unterworfen war. Wenn also die Wärme zunimmt, so dehnt sich die in dem Raume amf eingeschlossene Luft aus, und treibt das Queckſilber in den Schenkel bd weiter hinauf; könnte man nun ohne merklichen Fehler den Raum amf als unendlich annehmen, so würde die Wärme im Verhältniß der Höhe bd seyn, und es ließe sich mit Hülfe dieses Werkzeugs das Maas der specifischen Wärme bestimmen. Denn wenn es in vertikaler Stellung in siedendes Regenwasser eingetaucht und der Punkt g, an welchen das Queckſilber aufsteigt, bemerkt würde, und nachher irgend ein anderer Wärmegrad bestimmt werden sollte, welcher das Queckſilber bis auf den Punkt d erhalten könnte, so wird sich dieser Wärmegrad zu dem des siedenden Wassers wie bd : bg verhalten. Und da das Verhältniß bd zu bg beständig ist, so hoch auch bg seyn mag, so wird auch derjenige Wärmegrad, von welchem jetzt die Rede ist, allenthalben unveränderlich seyn. Nun kann man bg in 100 oder 1000 Theile eintheilen, und folglich die Höhe bd in solchen Theilen bestimmen. Bernoulli bemerkt, daß die Höhe be nicht unter 4 Fuß seyn könne. Bey dieser Betrachtung ist voraus gesetzt worden, daß man den Raum amf im Verhältnisse mit dem Raume dg oder de als unendlich ansehen kann. Da dies aber in vielen andern Fällen ohne beträchtliche Fehler

nicht anzunehmen verstattet ist, so giebt Bernoulli, um bey jeder verschiedenen Wärme die eingeschlossene Luft genau in einem Raume von einerley Größe zu erhalten, folgende Einrichtung an: Wenn nämlich der Punkt g derjenige ist, bey welchem die höchste Fläche des Queckſilbers stehen bleibt, wenn das Werkzeug in vertikaler Stellung in ſiedendes Wasser gebracht worden äſt, und es steht das Queckſilber bey geringerer Wärme unter g, etwa in d; ſo bringe man das Instrument in die geneigte Lage bk ſo lange, bis das Queckſilber, ſo im vertikalen Stande an g stand, wieder bis i gerucket, und bi = bg ist; auf ſolche Art ist i derſelbe Punkt, bey dem es im ſiedenden Wasser in vertikaler Lage stand. Daher füllt nun auch die Luft in der Kugel gerade den Raum aus, den ſie im ſiedenden Wasser ausfüllte; und wenn fh die erweiterte Oberfläche des Queckſilbers in der Kugel, ih aber auf ihr ſenkrecht ist; ſo verhält ſich alsdann die Elaſticität der Luft bey derjenigen Wärme, welcher die Höhe hi zugehört, zu der Elaſticität der Luft bey der Siedhitze des Waſſers, wie ih : bg. Von dieſem Bernoulliſchen Luftthermometer ſoll unten noch einiges angeführt werden.

Weitere Unterſuchungen über die Ausdehnung der Luft durch die Wärme hat ferner Sulzer z) angeſtellt. Um hierinn etwas beſtimmtes feſtzuſetzen, nahm er eine hinreichende Menge Waſſers, welches ſeine Wärme, die größer als die Wärme der äußern Luft war, eine kurze Zeit ohne merkliche Veränderung behielt, und brachte es in ein Zimmer im niedrigſten Stock, in welchem das Fahrenheitſche Thermometer auf 57 Grad ſtand.

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin. 1753. p. 123. ſqq.

stand. In dieses Wasser tauchte er das Thermometer nebst einer mit Luft gefüllten gläsernen Röhre, welche zwar unten verschlossen war, oben aber eine sehr kleine Oefnung hatte. Durch vorhergehende Versuche hatte er wahrgenommen, daß die Luft in der Röhre, wenn diese in das Wasser getaucht war, in sehr kurzer Zeit eben denselben Wärmegrad erhielt, welchen das Wasser dem Thermometer mitgetheilt hatte, und dies versicherte ihn, daß die eingeschlossene Luft denselben Grad hatte. Diesen Grad bemerkte er besonders, hielt die kleine Oefnung der Röhre zu, damit keine Luft hineinkommen konnte, indem er die Röhre aus dem Wasser zog, und brachte dieselbe nunmehr verkehrt in kaltes Wasser, welches so wie die Luft den 57 Grad der Wärme besaß. Nachdem alles bis auf diesen Grad abgekühlt war, fand er, daß das Wasser in die Röhre gestiegen war, indem die Luft, die sich nun wieder zusammengezogen hatte, dem Wasser Platz gemacht hatte. Diese Wassermenge zeigte, wie viel Luft die Wärme vorher aus der Röhre getrieben hatte. Er wiederholte die Versuche einige mal, und bringt diejenigen in folgende Tabelle, die er zu einer Zeit angestellt hatte, da der Barometerstand unveränderlich gewesen war:

Wärmegrade nach Fahrenh.	Menge der ausgetriebenen Luft
144	0,172 der ganzen Masse
107	0,145
100	0,122
94	0,101
84	0,071
57	0,000

Hieraus erkannte Sulzer, daß die Verdünnung der Luft beynahe in arithmetischer Progression fort-

schreite. Denn 57 Wärmegrade mehr, als die beständige Temperatur von 57 Graden, trieben 0,172 Theile Luft aus, und 50 Grade 0,145 Theile u. s. w. so, daß man ohngefähr für einen Grad dieses Thermometers 0,0026 Theile setzen kann. Hiernach läßt sich nun leicht der Anfang von dem 32sten Grade statt des angenommenen 57sten Grades machen. Sulzer berechnete hieraus folgende Tabelle:

Grade der Wärme	Ausgetriebene Luft
100	0,1768
90	0,1508
80	0,1248
70	0,0988
60	0,0728
50	0,0468
40	0,0208
32	0,0000

Setzt man nun die Luft, welche eine Wärme von 32 Graden hat, = 1, so ist die Dichtigkeit der Luft von 40° = 1 — 0,0208 = 0,9792. Die Dichtigkeit der Luft von 50 Grad. = 1 — 0,0468 = 0,9532 u. s. f. Nun nimmt Sulzer mit Bernoulli an, daß die Wärme der Dichtigkeit der Luft proportional sey, und daraus ergab sich folgende Tabelle:

Grade der Wärme	Verhältniß der Wärme
100	1,1768
90	1,1508
80	1,1248
70	1,0988
60	1,0728
50	1,0468
40	1,0208
32	1,0000

Lam-

Lambert [a]) erkannte ebenfalls, daß die Elasticität der Luft nicht allein von der druckenden Last, sondern auch von der Wärme abhange. Er sagt sehr sinnreich: durch die Wärme werde die Elasticität verstärkt, und durch die Zusammenpressung vergrößert. Durch den Druck nämlich bringe man mehr Lufttheile in einerley Raum, die bey einerley Wärme einerley Elasticität besitzen; durch die Wärme aber werde die Ausdehnungskraft eines jeden Lufttheilchen verstärkt. Nachher untersuchte Lambert [b]) mit Hülfe eines Amontonsschen Luftthermometers, wie stark sich die Luft durch die Wärme ausdehne. Aus vielen sehr mühsamen Versuchen fand er, daß sich die Luft, wenn man ihr Volumen bey der Temperatur des thauenden Eises = 1000 setze, in der Siedhitze des Wassers bis zum Volumen 1375 oder um $\frac{375}{1000}$ ausdehne; wofür er aber hernach die Zahl 1370 annimmt. Wofern also die Ausdehnung der Luft durch alle Wärmegrade gleichförmig erfolgt, welche Voraussetzung von Allen in diesem Zeitraume angenommen worden ist, so würde nach der Lambert'schen Bestimmung auf jeden Grad nach Fahrenheit 0,00205 kommen.

Herr de Lüc [c]) folgert aus seinen Beobachtungen: die Höhe einer Luftsäule ändere sich, wenn die Temperatur $16\frac{3}{4}$ Grad nach Reaumür ist, für jeden Grad Aenderung der Wärme um $\frac{1}{215}$. Wäre sie nun bey der angegebenen Temperatur = 215, so würde sie beym

a) Abhandl. von den Barometerhöhen und ihren Veränderungen §. 35 in den Abhandl. der churfürstl. Bayersch. Akademie der Wissensch. B. III. Th. II. S. 89.

b) Pyrometrie. Berlin 1779. 4.

c) Recherches sur les modificat. de l'atmosph. T. II.

zu erhalten; hier ſahe er augenblicklich den Dampf in dem andern Gefäße; und es war unmöglich zu glauben, daß ſich die Feuchtigkeit der naſſen Leder ſo geſchwind erheben konnte. Ueberdem zeigte ſich, wenn die Verbindungsröhre während des Ganges der Luftpumpe offen war, daß in demjenigen Gefäße, welches nicht unmittelbar auf dem naſſen Leder ſtand, und dem innern Raume nach kleiner, als das Glockenförmige auf dem Teller befindliche Gefäß war, oft weit eher Dampf zum Vorſchein kam, als im letztern. Hieraus ſchloß nun Nollet, daß der Dampf nicht von der untern Fläche aufſteigen könne, und die Urſache deſſelben unmöglich in der Feuchtigkeit des naſſen Leders zu ſuchen ſey. Da es aber doch eine Urſache geben müſſe, ſo ſchließt er weiter, müſſe dieſe entweder in der Luft, die im Recipienten eingeſchloſſen wäre, ſelbſt enthalten ſeyn, oder ſie müßte in fremdartigen Körperchen liegen, die die eingeſchloſſene Luft zerſtreuet enthielte. Daß aber die Luft für ſich betrachtet nicht den Grund dieſer Erſcheinung enthalten könne, bewieſen folgende Gründe:

1. Man wiſſe, daß die Theile der condenſirteſten Luft nicht ſichtbar wären; wie könnte dies aber ſtatt finden, wenn die Luft viel verdünnter wäre, als in ihrem ordentlichen Zuſtande?

2. Dieſer Dampf ſey in demſelben Recipienten zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten nicht der nämliche, wenn gleich Barometer und Thermometer gleich hoch ſtünden.

3. Sey es leicht, wahrzunehmen, daß dieſe Art von Thau in dem Augenblicke, da er erſcheine, ſich gegen die Mitte der Gefäße concentrire, und zwiſchen den Wänden und ihm einen durchſcheinenden Raum laſſe.

Wä-

Wären dies aber Zeichen einer ausdehnenden Masse?

4. Die Bewegungen des Dampfes, der im Recipienten herum wirbele und sich niederschlage, stimme nicht mit der Ausbreitung der Luft überein, vermöge welcher sich ihre Theile nach allen Richtungen hin ausdehnen.

Hieraus schon und aus noch einigen andern Erfahrungen schloß Nollet, daß der angeführte Dampf als eine Vereinigung der in der Luft befindlichen fremdartigen Theile anzusehen wäre.

Zuletzt bemerkt Nollet noch, daß seine angeführten Erfahrungen auf eine neue Methode leiten könnten, die fremdartigen Materien, welche in der Atmosphäre zerstreuet wären, genau zu beobachten. Wenn man das Verfahren abändere, so könnte man vielleicht ein Mittel finden, über die Eigenschaften der Dünste, womit die Atmosphäre beladen ist, mit einiger Gewißheit zu urtheilen.

Hawksbee hatte gegen Roberval behauptet, daß die zusammengedruckte Luft von ihrer Elasticität nach und nach verliere. Allein Musschenbroek c) hat einen entscheidenden Versuch hierüber angestellt. Er preßte Luft in einer Glasröhre mit zwey Schenkeln durch Quecksilber zusammen, wie fig. 43, schmolz alsdann das Ende a zu, fand aber fünf Jahre hindurch den Raum cf, welchen die zusammengedruckte Luft einnahm, bey gleicher Wärme beständig gleich groß; ein Zeichen, daß diese Luft nicht das mindeste von ihrer Elasticität verlohr.

Daß

c) Introduct. ad philos. natur. T. II. §. 2161.

Daß überhaupt die Wirkung einer mäßig zusammengedruckten Luft außerordentlich groß ist, haben bereits die ersten Erfinder der Luftpumpe durch mancherley Vorrichtungen, besonders durch Windbüchsen, gezeigt. Mit den letztern haben in diesem Zeitraume theoretische Untersuchungen Musschenbroek [f]) und Nollet [g]) angestellt. Umständlicher wird aber ihre Theorie von Karsten [h]) abgehandelt. Nollet will zwar nicht viel von den Windbüchsen halten, weil sie seiner Meynung nach wegen der Schwierigkeit, sie recht dauerhaft zu verfertigen, bey weitem nicht so bequem und sicher zum Gebrauche wären, als andere Schießgewehre, und überdem wegen des geringen Geräusches beym Losgehen gemisbraucht werden könnten; allein Karsten erwiedert dagegen ganz richtig, daß der letzte Grund nicht viel sagen wolle, weil sehr viele andere an sich gute und nützliche Sachen dem Misbrauche unterworfen wären; und was das übrige betreffe, so werde es wohl hauptsächlich auf die Geschicklichkeit des Künstlers, der sie verfertige, ankommen. Er trage die Untersuchung darüber theils um deswillen vor, weil es schon an sich angenehm und nützlich sey, zu wissen, was die Kunst ausrichten könne, wenn sie sich der Kräfte der Natur geschickt zu bedienen wisse; theils auch um deswillen, weil es eine gute Vorbereitung zur Theorie der Feuergewehre und anderer im Kriege üblicher Geschütze seyn werde.

Karsten

f) Introduct. ad philos. natur. T. II. §. 2111. sqq.

g) Leçons de phys. experim. T. III. lec. X. sect. I. ch. 7.

h) Lehrbegr. der gesammt. Mathemat. Th. VI. Pnevmat. Abschn. VIII.

Karsten nimmt nach Regnault i) an, daß sich die Luft in Windbüchsen wohl 100 mal dichter machen lasse, als die natürliche ist, und berechnet, daß eine Bleykugel von $\frac{3}{8}$ Zoll im Durchmesser in einem Lauf von 4 Fuß Länge dadurch mit einer Geschwindigkeit abgeschossen werde, welche in der ersten Secunde 654 Fuß beträgt, und womit die Kugel vertikal aufwärts geschossen 7088 Fuß hoch steigen würde. Bey dieser Berechnung ist aber vorausgesetzt worden, daß der Schuß im leeren Mittel geschehe, und folglich kein Widerstand gegen die Kugel wirke.

Von 1676 bis 1755 hatte der Gedanke, sich in die Luft zu erheben, weiter keine Vertheidiger gefunden, vielmehr glaubte man, daß die Ausführung der gethanen Vorschläge ganz unmöglich sey. In dem Jahre 1755 aber erneuerte der Dominikaner Joseph Galleni den Gedanken zur Luftschifferey. Seine Aufgabe bestand vorzüglich darin, ein Schiff zu erbauen, um auf selbigem in der Luft zu segeln, und nach Belieben eine zahlreiche Armee mit aller nöthigen Ammunition mit zu nehmen. In der Wahl der Hülle war er vorsichtiger als seine Vorgänger. Er wollte nämlich haben, daß diese aus derber Leinwand mit Wachs oder Theer bestrichen, diese alsdann mit Leder überzogen, und hie und da mit Seilwerk befestigt werden sollte. Uebrigens meinte er, daß sein Vorschlag alsdann ausführbar wäre, wenn die Maschine mit einer Luft angefüllt wäre, die ein specifisch leichteres Gewicht hätte, als die in untern Regionen befindliche atmosphärische Luft. Seinen Gedanken nach sollte die Luft über der Region

i) Entretiens physiques. T. I. p. 29.

k) L'art de naviger dans l'air, amusement physique et géometrique précedé d'un mémoir. sur la nature et la format. de la grêle. à Avign. 1755.

Region des Hagels diese Eigenschaft haben. Es kam also darauf an, erst das Schiff dahin zu versetzen, wo es alsdann, wie ein Schiff auf der See, fortschwimmen würde. Dies aber auszuführen wußte er so wenig wie seine Vorgänger, und es blieb daher seine Aufgabe eine bloße sinnreiche Idee, so wie er sie für weiter nichts, als eine mathematische Uebung ausgiebt.

Bewegung der Luft.

Schon lange hatte man erkannt, daß die Bewegung der Luft in unserer Atmosphäre gewissen unveränderlichen Gesetzen unterworfen seyn müsse, und daß es blos von hinreichenden Beobachtungen abhange, um zu bestimmen, auf welche Art und unter welchen Umständen diese Gesetze eine Abänderung erleiden. Man sahe ganz richtig ein, daß vorzüglich Localumstände den regelmäßigen Luftstrom auf gar mannigfaltige Art ändern können. Bisher hatte man die Einwirkung der Sonnenwärme und die Umdrehung der Erde um ihre Axe als die vorzüglichsten Ursachen der beständigen und unbeständigen Winde angenommen, und besonders Halley hatte blos aus der Sonnenwärme und aus den verschiedenen Stellungen der Sonne nach den Jahreszeiten mit Rücksicht auf Localumstände die beständigen Winde in der heißen Zone zwischen den Wendekreisen, und die Passatwinde oder Mossons, hergeleitet. Halley's Erklärung fand damals vielen Beyfall; indessen zweifelten doch einige, daß sie ein völliges Genüge leiste. Um nun diese Sache etwas näher zu untersuchen, und besonders, wo möglich, eine allgemeine Theorie der Winde aufzufinden, gab die königlich Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin für das Jahr 1746 folgende Preisaufgabe auf: das Gesetz zu bestimmen, welches der Wind befolgen müsse,

wenn

wenn die Erde allenthalben mit Wasser umgeben wäre, so daß man für jeden gegebenen Ort der Erde zu jeder Zeit die Geschwindigkeit und Richtung des Luftstroms vorher sagen könne. D'Alembert erhielt den Preis. Seine Schrift [l]) enthält eine Menge schätzbarer Untersuchungen, welche tiefe Kenntnisse in der Mathematik beweisen; allein physisch betrachtet enthalten sie das bey weitem nicht, was eigentlich ausgemacht werden sollte. Seine Erklärung beruhet blos auf mechanischen Gründen. Die Meynung derer, welche den beständigen Luftstrom von Osten nach Westen in der heißen Zone von der Sonnenwärme herleiten, nennt er unbestimmt, und verwirft sie gänzlich; er sucht vielmehr diesen Luftstrom aus der Anziehung der Sonne und des Mondes auf unsere Atmosphäre abzuleiten, und alle übrige Ursachen gänzlich zu verwerfen. Bey dieser Gelegenheit untersucht auch d'Alembert die Frage: ob durch solche Schwingungen der Atmosphäre der Barometerstand einige Veränderung erleiden müsse? allein er zeigt, daß diese Luftfluth viel zu gering sey, um je durch eine Barometerveränderung bemerklich zu werden.

Wargentin [m]) hält dafür, daß beydes, Sonnenwärme und d'Alemberts Luftfluth, die eigentlichen Ursachen des beständigen Ostwindes ausmachen. Beym geringsten Nachdenken finde man, daß diese allgemeinen Ursachen des beständigen Ostwindes die größte Wirkung zunächst bey der Linie, immer kleinere und kleinere aber näher nach den Polen zu haben müßten.

Bey

l) Reflexions sur la cause generale des vents, pièce, qui a remporté le prix par l'Acad. roy. de Prusse pour l'an. 1746. à Berl. 1747.

m) Kurze Anmerk. vom Winde in den schwed. Abhandl. B. XXIV. 1762. S. 173.

Bey 30 Graden von der Linie ſey ihre Wirkung ſchon ſo ſchwach, daß ſie oft von andern Urſachen überwältige werde, welche die Bewegung der Luft nicht nach einer gewiſſen Weltgegend richteten; daher würden die Winde daſelbſt unbeſtändig. Doch ſey zu vermuthen, daß, wenn die Erde überall mit Waſſer bedeckt wäre, in der nördlichen Halbkugel nordoſtlich oder nordlicher Wind, und in der ſüdlichen ſüdöſtlicher und ſüdlicher allezeit die Oberhand haben, oder öfter, als andere blaſen würden. Allein auf dem feſten Lande, ſelbſt unter der Linie, ſeyen die Winde unbeſtändig, und faſt täglich veränderlich. Im indiſchen Meere, ob die Linie gleich dadurch ſtreiche, ſey doch der Südoſtwind ſonſt an keinen Stellen beſtändig, als zwiſchen dem Eylande Madagaſcar und Neuholland, unter 10 Grad ſüdlicher Breite und darüber bis 30 Grad. Näher unter der Linie, in demſelben Meere, welches auch den aſiatiſchen Küſten und Inſeln näher ſey, wehe der Südoſtwind nur ſechs Monate jedes Jahr, vom May an, ſolchen mitgerechnet; aber die übrigen ſechs Monate regiere ein Nordweſtwind u. ſ. w.

Was die unbeſtändigen Winde betrift, ſo theilt Muſſchenbroek [u]) die Urſachen derſelben in vier Claſſen, je nachdem ſie ſich unter der Erde, auf der Erdfläche, in der Atmoſphäre, oder endlich über derſelben befinden. Viele Beobachtungen zeugen von unterirdiſchen Winden, welche aus den ſo genannten Aeolushöhlen hervorbrechen. Als Urſachen ſolcher Winde giebt er ungleiche Erwärmung und Erkältung in communicirenden Gängen, Wind durch einen Fall des Waſſers veranlaßt, unterirdiſches Feuer, Erdbeben, Durchſtreichen des äuſſern Windes durch Gänge der Erde

u) Introd. ad philoſ. natur. T. II. §. 2604 ſqq.

Erde u. s. f. Dergleichen Winde brächen bisweilen aus dem Meergrunde hervor, und verursachten ein Wallen und Brausen des Wassers. Auf der Erdfläche gebe es beynahe unzählbare Umstände, welche die Luft in Bewegung versetzen könnten, die Wellen des Meeres, der Fluth und großer Stürme, aufsteigende Dünste, starke Feuer und Explosionen, das Schmelzen des Schnees, der Fall der Körper, z. B. bey den Schneelavinen in den Alpen, die Gährung und Fäulniß der Körper durch die Menge entwickelter elastischer Materie u. s. f. Im Luftkreise sey unstreitig der Sitz der vornehmsten Ursachen, nämlich die Verdichtung und Verdünnung der Luft durch Kälte und Wärme, durch Aufsteigen der Dünste und Herabfallen des Regens, durch Erweiterung und Zusammendruckung der Wolken, ferner die Luftelektricität, die Erkältung der Luftsäulen durch den Schatten der Wolken, und das Aufbrausen verschiedener einander begegnender Ausdünstungen, wodurch elastische Materie erzeugt werde, endlich der Blitz, indem er die Luft aus der Stelle treibe, und andere veranlasse, sich in den leeren Raum zu ergießen. Ueber dem Luftkreise endlich finde man noch Ursachen der Winde in der Anziehung der Sonne, und vornämlich des Mondes, welche auf die Luft eben so, wie auf das Meer wirkten.

Wargentin meint, es sey vielleicht gar unmöglich, alle die unbeständigen Winde zu erklären, die fast überall über das feste Land und über die See, außer dem 30 Gr. der Breite wehten. Unter den vielen Ursachen, welche daselbst die Luft in Bewegung setzten, ertheilten ihr die meisten keine gewisse Richtung, sondern sie trieben sie nur dahin, wo sie den geringsten Widerstand finde, und dieser sey zufälliger

Weiſe bald auf der einen, bald auf der andern Seite. Nichts deſto weniger gebe es an jedem Orte einige beſtändige Urſachen, welche machten, daß gewiſſe Winde daſelbſt allgemeiner und herrſchender wären, als andere. Die Lage eines Ortes am Meere, an großen inländiſchen Seen, an Strömen und Moräſten, Gebirgen, Anhöhen, Thälern, oder Ebenen, auch gegen wärmere oder kältere, trocknere oder feuchtere Länder, imgleichen die Beſchaffenheit des daſigen Erdreichs, der aufſteigenden Dünſte, und mehr ſolcher Umſtände müßten nothwendig auf das Verhalten des Windes ſehr vielen Einfluß haben. Aber was für Winde aus dieſen Urſachen entſpringen werden, das ſey unmöglich voraus zu ſehen, ſondern es müſſe durch fleißige Beobachtungen vieler Jahre ausgemacht werden.

In den Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1734. findet man die Beſchreibung eines Anemometers von Ouſ-en-Bray, welches kürzlich folgende Einrichtung hat: Eine mit einem Windrade verſehene kleine Maſchine läßt ſich ſchon durch einen ganz mäßigen Wind in Bewegung bringen. Daher wird das Rad beym ſtärkern Winde in einen ſchnellern Umlauf kommen, als beym ſchwächern. Nun iſt alles ſo eingerichtet, daß die Maſchine vermittelſt eines Zeigers die Anzahl der Umläufe angiebt. Folglich laſſen ſich hiernach die Veränderungen der Geſchwindigkeit des Windes anzeigen. Sonſt iſt aber dieſe Maſchine ſehr zuſammengeſetzt. Sie zeigt nicht allein die Aenderungen in der Geſchwindigkeit und Richtung des Windes an, ſondern bemerkt dieß alles auch auf einem Papier in Abweſenheit des Beobachters. Mit derſelben iſt eine Uhr verbunden, und wenn alles, nachdem

Gott sprach: Es werde ein Licht! und es ward Licht.
4 Und Gott sahe das Licht, daß es gut war. Und Gott
schied das Licht von der Finsterniß.
5 Und nannte das Licht Tag, und die Finsterniß nannte
er Nacht. Da ward aus Abend und Morgen der erste Tag.
6 Und Gott sprach: Es werde eine Feste zwischen den
Wassern, und die sey ein Unterscheid zwischen den Wassern.
7 Da machte Gott die Feste, und unterschied das Wasser
unter der Feste von dem Wasser über der Feste. Und es
ward also.
8 Und Gott nannte die Feste Himmel. Da ward aus
Abend und Morgen der andere Tag.
9 Und Gott sprach: Es sammle sich das Wasser unter
dem Himmel an sonderliche Oerter, daß man das Trockene
sehe. Und es ward also.
10 Und Gott nannte das Trockene Land, und die Samm-
lung der Wasser nannte er Meer. Und Gott sahe, daß es gut
war.
11 Und sprach: Es lasse die Erde aufgehen Gras und
Kraut, das sich besame, und fruchtbare Bäume, die ein jeder
nach seiner Art Früchte tragen, in welchen ihr Same sey auf
Erden. Und es ward also.
12 Und die Erde brachte Gras und Kraut, das sich be-
same, ein jeder nach seiner Art, und Bäume, die ihre Früchte
trugen, in welchen ihr Same war, ein jeder nach seiner Art.
Und Gott sahe, daß es gut war.
13 Da ward aus Abend und Morgen der dritte Tag.
14 Und Gott sprach: Es werden Lichter an der Feste des
Himmels, die da scheiden Tag und Nacht, und geben Zeichen,
Zeiten, Tage und Jahre,
15 Und sind Lichter an der Feste des Himmels, daß sie
scheinen auf Erden. Und es ward also.
16 Und Gott machte zwey große Lichter, ein großes Licht,
das den Tag regiere, und ein kleines Licht, das die Nacht
regiere, auch Sterne.
17 Und Gott setzte sie an die Feste des Himmels, daß sie
leuchten auf Erden,
18 Und den Tag und die Nacht regieren, und scheiden
Licht und Finsterniß. Und Gott sahe, daß es gut war.
19 Da ward aus Abend und Morgen der vierte Tag.
20 Und Gott sprach: Es errege sich das Wasser mit
webenden und lebendigen Thieren, und mit Gevögel, das auf
Erden unter der Feste des Himmels fliege.
21 Und Gott schuf große Wallfische, und alles lebendige
Thier, das sich regt, welches das Wasser erregte nach seiner
Art, und alles gefiederte Gevögel nach seiner Art. Und Gott
sahe, daß es gut war.
22 Und Gott segnete sie, und sprach: Seyd fruchtbar und
mehret euch, und erfüllet das Wasser im Meer, und das Ge-
vögel mehre sich auf Erden.
23 Da ward aus Abend und Morgen der fünfte Tag.
24 Und Gott sprach: Die Erde bringe lebendige Thiere
hervor, ein jedes nach seiner Art, Vieh, Gewürm und wilde
Thiere ein jedes nach seiner Art. Und es ward also.
25 Und Gott machte wilde Thiere, ein jedes nach seiner
Art, und Vieh, ein jedes nach seiner Art, und alles Gewürm
auf Erden, ein jedes nach seiner Art. Und Gott sahe, daß es
gut war.
26 Und Gott sprach: Laßt uns Menschen machen, ein
Bild, das uns gleich sey, die da herrschen über die Fische im
Meer, und über die Vögel unter dem Himmel, und über das
Vieh, und über die ganze Erde, und über alles Gewürm,
das auf Erden kriecht.
27 Und Gott schuf den Menschen ihm zum Bilde, zum
Bilde Gottes schuf er ihn, und schuf sie ein Männlein und
ein Fräulein.
28 Und Gott segnete sie, und sprach zu ihnen: Seyd
fruchtbar und mehret euch, und füllet die Erde, und machet
sie euch unterthan, und herrschet über die Fische im Meer,
und über die Vögel unter dem Himmel, und über alles Vieh,
das auf Erden kriecht.
29 Und Gott sprach: Sehet da, ich habe euch gegeben
alle Kräuter, die sich besamen, auf der ganzen Erde, und alle
Bäume, die Früchte bringen, die sich besamen, zu eurer Speise.
30 Und allen Thieren auf Erden, und allen Vögeln unter
dem Himmel, und allem Gewürm, das auf Erden lebendig
ist, daß sie allerley grünes Kraut essen. Und es ward also.
31 Und Gott sahe alles an, was er gemacht hatte, und
siehe da, es war sehr gut. Da ward aus Abend und Morgen
der sechste Tag.

die Flügel wurden gerade gegen den Wind geſtellt, der ſie alsdenn zum Umlauf brachte, und bey einer veränderlichen Umlaufsgeſchwindigkeit ſo lange erhielt, als ſeine mittlere Geſchwindigkeit dieſelbe blieb. Um nun die jedesmalige Umlaufsgeſchwindigkeit der Flügel zu erfahren, war an der Welle eine Schraube ohne Ende, und an dem Lager, worin die Welle lief, eine kleine Glocke angebracht, darin der Hammer mittelſt zweyer Stifte, die in dem Sternrad befeſtigt waren, gehoben ward. Das Sternrad hatte 12 Zähne, und die Stifte ſaßen an demſelben einander gerade gegen über, deßwegen geſchah allemal nach ſechs Umläufen der Flügel ein Schlag auf die Glocke. Wenn aber der Umlauf ſo ſchnell war, daß die Schläge nicht wohl gezählt werden konnten, ſo ward ein Stift herausgenommen, da denn nach 12 Umläufen jedesmal ein Schlag auf die Glocke erfolgen mußte. Zählte man nun, wie viel Schläge auf die Glocke in einer Minute, oder in einer längern bekannten Zeit geſchahen, ſo war es leicht, die Umlaufsgeſchwindigkeit der Flügel daraus herzuleiten, und es kam alsdenn darauf an, aus dieſer Umlaufsgeſchwindigkeit der Flügel die Geſchwindigkeit des Windes zu finden, die er während der Zeit der Beobachtung gehabt hatte. Schober glaubt durch Verſuche, die er mit kleinen Flügeln angeſtellt hat, gefunden zu haben, daß dieſe Flügel gegen die Umlaufsaxe unter einem Winkel von 52° geneigt ſeyn müſſen, wenn die Geſchwindigkeit, womit ihr Schwerpunkt umläuft, mit der Geſchwindigkeit des Windes gleich ſeyn ſoll.

Eine Art Windmeſſer beſchreibt Bouguer [p]), welche immer noch eine der beſten bleibt. Ein Blech von

p) Manoeuvre des vaiſſeaux. p. 151. und *Nollet* art des exper. T. III. p. 151.

von 1 Quadratfuß Fläche wird dem Winde senkrecht entgegen gehalten. Dieser treibt es mit einem mitten daran befestigten Stiele in eine Art von Futteral hinein, in dessen Boden eine angebrachte Spiralfeder entgegendruckt. Ein stärkerer Wind treibt daher den Stiel tiefer hinein, als ein schwächerer, und durch einen Sperrkegel wird der Stiel festgehalten, so daß er nicht wieder zurückkann. So läßt sich finden, wie tief ihn der Wind hineingetrieben hat, und versuchen, wieviel man Gewicht braucht, ihn eben so weit hineinzutreiben.

Die Geschwindigkeit der Winde ist sehr verschieden. Im Jahre 1741. am 24ten März beobachtete Kraft q) zu Petersburg einen Orkan, welcher in einer Sekunde $109\frac{7}{10}$ rheinl. Fuß durchlief, und zu anderer Zeit einen von 123 Fuß.

Das Vermögen des Windes hängt von der Dichtigkeit der Luft und von der Geschwindigkeit, womit sie sich bewegt, ab. Musschenbroek r) führt einige Rechnung hierüber, wobey er annimmt, das Moment des Windes verhalte sich wie das Produkt der Luftmasse in das Quadrat der Geschwindigkeit. Nach diesem Satze müssen sich also die Geschwindigkeiten von Wasser und Luft, wenn beyde gleiche Wirkung thun sollen, wie die Quadratwurzeln aus ihren specifischen Gewichten d. i. etwa wie 1 zu 24, verhalten. Nimmt man nun mit de la Hire an, daß die Kraft des Stoßes eines fließenden Wassers dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, welche die gestoßene

q) Comment. Petropol. Vol. XIII. p. 380.

r) Introd. ad philos. natur. T. II. §. 2619 sqq.

ſtoßene Ebene zur Grundfläche, und die der Geſchwindigkeit zugehörige Höhe zur Höhe hat. Wenn daher das Waſſer in einer Sekunde 1 Pariſ. Fuß durchläuft, welcher Geſchwindigkeit die Höhe $\frac{1}{60}$ Fuß zugehört, ſo wird die Kraft des Stoßes auf 1 Quadratfuß Fläche dem Gewichte von $\frac{1}{60}$ Cubikfuß Waſſer gleich, oder, wenn man 1 Cubikfuß Waſſer 63 Pfund ſchwer annimmt, $= 1\frac{1}{20}$ Pfund ſeyn. Eben ſo groß iſt die Kraft eines Windſtoßes, welcher in einer Sekunde 24 Fuß durchläuft.

Auf gleichen Gründen, wie dieſe Berechnung, beruht die ganze Theorie des Windſtoßes gegen ebene Flächen, welche derſelbe entweder nach ſenkrechten oder nach ſchiefen Richtungen, wie bey den Windmühlenflügeln, trifft. Die Theorie hievon iſt mit Anwendung der Analyſe beſonders durch Parens, Johann Bernoulli, Euler und andern entwickelt worden. In ihrem Zuſammenhange vorgetragen findet man ſie bey Karſten *).

Zweytes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von den ſchwingenden Bewegungen ſchallender und klingender Körper.

Ueber die verſchiedenen Schwingungsarten der Saiten hatte Sauveur zuerſt theoretiſche Unterſuchungen angeſtellt, und Brook Taylor war einer von den erſten, welcher die ſchwingende Bewegung geſpann-

*) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Th. VI. Pneumatik. Abſchn. IX.

spannter Saiten durch die Analyse untersuchte, und die Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite in einer gewissen Zeit vollbringt, bestimmte. Bisher hatte aber noch kein einziger daran gedacht, die einzelnen untersuchten Lehren des Klanges in ein System zu bringen. Erst im Jahre 1722 stellte Rameau t) ein solches aus Grundsätzen der Harmonie, welche, wie Bürette u) sehr wahrscheinlich gezeigt hat, den Alten gänzlich unbekannt war, auf. Die alten Tonkünstler gebrauchten vorzüglich bey ihren Compositionen zwey Geschlechter, wovon das eine das diatonische und das andere das chromatische genannt wurde. Diese beyden Geschlechter hatten die neuern Componisten vereinigt, und daraus ein neues zusammengesetzt, welches das diatonisch chromatische genannt wurde, und dasjenige ist, wornach die meisten Instrumente jetzt eingerichtet sind. Zu dieser Zusammensetzung wurden sie meistens durch das bloße Gehör geleitet. Nach diesem Geschlechte liegen zwischen einer Oktave zwölf Töne, wovon ein jeder zum Haupttone gewählt werden kann, ohne das Gehör zu beleidigen. Dabey ist es aber unmöglich, lauter ganz reine Intervalle zu erhalten; daher war man genöthigt, sich eine kleine Abweichung von der höchsten Reinigkeit gefallen zu lassen, und diese Abweichung, oder die Einrichtung des Tonsystems nach derselben, führt den Namen der Temperatur. Rameau glaubt, daß diese Abweichung am geringsten sey, wenn alle Intervalle gleich gemacht würden, d. i. wenn das Verhältniß 2 : 1, oder das der Oktave, in 12 gleiche Verhältnisse getheilt, folgt

t) Traité de l'harmonie. à Paris 1722. 4.

u) Histoir. de l'Academ. des inscriptions et belles lettres. an. 1716.

folglich zwiſchen 2 und 1 eilf mittlere geometriſche Proportionalzahlen geſucht werden. Dieß zeigt folgende Tafel:

			beynahe	Länge der Saiten
1	c	1000000	1000	2000
$\sqrt[12]{2}$	cs	1059462	1059	1888
$\sqrt[12]{2^2}$	d	1122462	1122	1782
$\sqrt[12]{2^3}$	ds	1189207	1189	1628
$\sqrt[12]{2^4}$	e	1259921	1260	1587
$\sqrt[12]{2^5}$	f	1334839	1335	1498
$\sqrt[12]{2^6}$	fs	1414213	1414	1414
$\sqrt[12]{2^7}$	g	1498307	1498	1335
$\sqrt[12]{2^8}$	gs	1587400	1587	1260
$\sqrt[12]{2^9}$	a	1681792	1682	1189
$\sqrt[12]{2^{10}}$	b	1781797	1782	1122
$\sqrt[12]{2^{11}}$	h	1887748	1888	1059
2	$\overline{c}$	2000000	2000	1000

Rameau folgerte daraus, daß die Intervallen der Quinten insgeſammt ein wenig kleiner als im Verhältniſſe 3 : 2 ausfallen; die Intervallen der großen Terzen aber um etwas weniges zu groß, und die Intervallen der kleinen Terzen wieder ein wenig zu klein. Die Rechnung zeigt, daß die Schwebung der großen Terzen ein wenig mehr, als die Schwebung der Quinten, und die Schwebung der kleinen Terzen wieder ein wenig mehr, als die Schwebung der großen Terzen betrage. Auf ſolche Art treffen die ſtärkern Schwebungen die minder vollkommenen Conſonanzen, welches dem feinen muſikaliſchen Gehör deſto weniger Anſtoß giebt. Weil nun alle gleichnamigen Intervallen

bey

bey dieser Temperatur einerley Schwebung erhalten, so nennt man sie die gleichschwebende Temperatur.

Uebrigens enthält Rameau's System sehr viel willkührliches, und ist von der Vollkommenheit noch sehr weit entfernt. Seit dieser Zeit aber fiengen die Tonkünstler und Mathematiker an, die Regeln der Tonkunst auf feste Gründe zu bringen. Das erste hierüber abgefaßte Werk, welches die Theorie der Töne zum erstenmale in ihrem ganzen Umfange enthält, hat den berühmten Euler x) zum Verfasser. Dieser behandelt zwar die Tonkunst ganz mathematisch, von ihm aber hebt sich die Musiklehre in der neuern und vollständigern Gestalt an. Euler giebt dreyerley Arten von Tönen an; insofern nämlich ihre Entstehung betrachtet wird, werden 1. Töne erregt durch eine zitternde Bewegung gespannter Körper, z. B. der Saiten, Glocken u. s.; 2. entstehen Töne durch die Elasticität einer stark comprimirten Luft, welche sich schnell wieder in den vorigen Zustand versetzt, wie z. B. beym Abfeuern der Geschütze, beym Donner u. s., und 3. erzeugen sich Töne bey Blasinstrumenten, wie z. B. Flöte, Pfeiffe, Trompete u. s.

Wenn die Länge einer gespannten Saite durch α, das Verhältniß des Durchmessers zur Peripherie durch $\delta : \pi$, die Länge des Sekundenpendels durch λ, und das Verhältniß der Spannung der Saite zu ihrem Gewichte durch $\mu : 1$ ausgedruckt werden, so findet Euler die Anzahl der Schwingungen, welche eine solche Saite in einer Sekunde vollendet, $= \frac{\delta}{\pi} \sqrt{\frac{\lambda \mu}{\alpha}}$.

Dies

x) Tentamen novae theoriae muſices. Petrop. 1739. 4.

Dieſe Regel erläutert er durch folgendes Beyſpiel: er nahm eine Saite, welche 1,510 Rheinländ. Fuß lang war, $6\frac{1}{5}$ Gran wog, und mit einer Kraft geſpannt war, die 6 Pfund oder 46080 Gran betrug. Hieraus fand er die Anzahl der Schwingungen dieſer Saite in einer Sekunde = 392. Dieſe Anzahl gehört nach ſeiner Schätzung demjenigen Tone zu, welchem die Tonkünſtler den Nahmen a beylegen. Von der Anzahl der Schwingungen, welche in einer gewiſſen Zeit vollendet werden, hängt nun die gemeinſte Eintheilung der Töne in tiefe und hohe ab. Daher ließen ſich die Töne als Größen betrachten, welche zum Maaße die Anzahl der Schwingungen in einer beſtimmten Zeit haben. Dieß iſt das erſte Princip der Muſiklehre. Was die Grenzen betrifft, zwiſchen welchen alle Töne vornehmlich gehört und von einander unterſchieden werden können, ſo hängen dieſe bloß von dem Vermögen unſerer Gehörorgane ab. Euler ſetzt ſie auf 30 und 7520, nach neuern Beſtimmungen aber auf 20 und 4000 Schwingungen in einer Sekunde, welches etwa 8 Oktaven in ſich begreift.

Das andere Princip der Muſiklehre, daß uns nämlich gewiſſe Töne, welche entweder zugleich oder nach und nach in einer gewiſſen auf einander folgenden Reihe ſich hören laſſen, gefallen, andere aber mißfallen, beruht auf metaphyſiſchen und pſychologiſchen Gründen. Euler bemerkt, daß uns nur alsdenn zwey oder mehrere Töne gefallen, wenn wir das Verhältniß ihrer Schwingungszahlen binnen einerley Zeit ſehr leicht erkennten. Das Mehr oder Weniger in Anſehung der Gefälligkeit und Lieblichkeit der Töne hange bloß von dem Vermögen unſerer Seele ab, jenes Verhältniß der Schwingungszahlen leichter oder

schwerer zu erkennen. Diejenigen Verhältnisse der Töne also, welche mit gleicher Leichtigkeit wahrgenommen werden, geben auch einen gleichen Grad der Annehmlichkeit. Den ersten Grad bestimmt der Einklang d. i. das Verhältniß 1:1; den andern die Oktave, oder das Verhältniß 1:2. Da die Verhältnisse 1:3 und 1:4 mit gleicher Leichtigkeit erkannt zu werden scheinen, so bestimmen sie den dritten Grad von Annehmlichkeit. So gehört ferner das Verhältniß 1:8 zum vierten, das 1:16 zum fünften, und überhaupt das $1:2^n$ zu demjenigen Grad, dessen Zahl $n+1$ ist. Da das Verhältniß 1:1 zum ersten, das 1:2 zum andern, und das 1:3 zum dritten Grad der Annehmlichkeit gehört, so behauptet Euler vermöge der Induction, daß das Verhältniß 1:5 den fünften, 1:7 den siebenten Grad u. s. f. bestimme. Dieß vorausgesetzt giebt Euler die Regel, mit deren Hülfe der Grad der Annehmlichkeit eines jeden gegebenen Verhältnisses entdeckt werden kann. Das Verhältniß muß aber in ganzen, rationalen Zahlen und Primzahlen unter sich ausgedruckt seyn. Die Regel ist diese: man sucht die kleinste Zahl unter denjenigen, welche durch die gegebenen Verhältnißzahlen ohne Rest dividirt werden können, hiernächst wird diese Zahl in ihre einfachen Faktoren zerfällt, welche sind a, b, c, d u. s. und deren Anzahl $= n$ ist; der Grad der Annehmlichkeit, zu welchem das gegebene Verhältniß gehört, ist $= a + b + c + d \ldots - n + 1$. Es sey z. B. das Verhältniß 2:3, welches die Quinte ausdruckt, gegeben. Die kleinste Zahl, welche durch diese Verhältnißzahlen dividirt werden kann, ist $6 = 2.3$; also $a = 2$, $b = 3$ und $n = 2$, folglich der Grad der Annehmlichkeit $= 2 + 3 - 2 + 1 = 4$. Auf eben die Art findet man den Grad der Annehmlichkeit des Verhältnis-

nisses 3:4, welches die Quarte ausdruckt, = 5 u. s. f.

Zuletzt leitet Euler noch aus seiner Theorie eine ganze Menge mehr oder weniger vollkommene Geschlechter her, unter welchen er eines anführt, das sehr genau mit dem diatonisch-chromatischen übereinstimmt. Allein die Tonkünstler fanden doch noch eine Schwierigkeit in seinem neuen Geschlechte, nämlich die, daß gewisse Töne zwar mit einigen zusammenstimmen, aber wieder gegen andere schweben. Daher sind eine Menge von Temperaturen vorgeschlagen worden, um dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen. Die von Rameau bereits angenommene, und von d'Alembert und andern vertheidigte geometrische oder gleichschwebende Temperatur ist eine der merkwürdigsten.

Dan. P. Strähle[y]) glaubte auf eine neue Temperatur gekommen zu seyn, welche das Schweben der Töne am gelindesten für das Gehör mache, und alle Töne in gehörige Gleichstimmigkeit setze. Sie beruht auf folgender geometrischer Construktion: man zieht (fig. 44.) die Linie qr in beliebiger Länge, und theilt sie in 12 gleiche Theile, wodurch man 13 Punkte nach der Anzahl der 13 Töne in der Oktave findet. Ueber dieser Linie wird ein gleichschenklichtes Dreyeck qor dergestalt gezeichnet, daß qo = or = 2qr ist; von o zieht man aber nach Gefallen Linien durch jeden Theilungspunkt von qr. Nun ist i der 8te Punkt von q gerechnet, diese Länge qi faßt man mit dem Zirkel, und beschreibt mit dieser Oefnung aus q einen Kreisbogen, von i bis p; durch die Punkte r und p zieht man nachgehends eine Linie nach m von beliebiger Länge, aber der Punkt m wird gefunden, indem pm = pr

y) Schwed. Abhandlung. B. V. für 1742. S. 226. f.

= pr gemacht wird, worauf man die Linie om so lang, als gefällig ist, durch m zieht.

Nach dieser Vorbereitung wird pr ebenfalls in 12, aber ungleiche Theile getheilt, da sich solchergestalt auch 13 Punkte geben, auf die Art, daß, wenn mr das einmal gestrichene c ist, m2 cis, m3 d, m4 dis, m5 e u. s. f. und m13 oder mp das zweymal gestrichene c seyn wird. Und wie diese Linie mit ihren 13 Theilungspunkten dergestalt an eine Saite von der Länge mr paßt, daß das Schweben zwischen den Tönen, mit der geringsten Beschwerde für das Gehör, nach einer genauen Erfahrung verglichen wird, wenn die Entfernungen für die übrigen Saiten m2, m3, m4 u. s. sind, so nennt Strähle die Linie pr die musikalische Linie.

Aus der verzeichneten Figur findet man auch die Musiklinie für ein Maas, das größer oder kleiner wäre, als mr, welches aus den Linien ns, lt u. s. erhellet, die mit mr parallel sind, und also wegen der ähnlichen Dreyecke in dieser Figur auf eben die Art, wie mr, abgetheilt werden.

Jacob Faggot [2]) berechnet diese von Strähle angegebene Construktion, und meinte wirklich eine vorher unbekannte Temperatur darin wahrgenommen zu haben. Allein Funk [3]) hat Faggot's Rechnung einer Prüfung unterworfen, und gefunden, daß er gleich bey der Auflösung des Dreyecks pom statt der Logarithmen der Tangenten die Logarithmen der zugehörigen Sinus genommen, und dadurch den Winkel p fast 7° zu klein gefunden hat, welches die ganze

fol-

2) Schwed. Abhandlung. B. V. für 1742. S. 230. u. f.

3) Progr. et tono et sono. Lipſ. 1779. 4.

folgende Rechnung falsch machte. Funk hat die Rechnung richtig geführt, und gezeigt, daß man durch diese Construktion nichts anders, als eine sehr nahe Approximation an die gleichschwebende Temperatur erhält.

Diese gleichschwebende Temperatur ist nun ohne allem Zweifel diejenige, bey welcher die möglichste Annäherung an die Reinigkeit für alle Consonanzen zugleich erhalten wird. Die ganzen Töne schreiten sämmtlich durch das Verhältniß $\frac{8000}{10000}$ fort, welches von $\frac{8}{9}$ sehr wenig abweicht; die Quinten und Quarten weichen nur um den zwölften, und die Terzen um den dritten Theil eines Comma ab, welches dem Unterschiede des größern und kleinern Tons ($\frac{8}{9} : \frac{80}{81} = \frac{80}{81}$) gleich ist, und für die größte dem Gehör erträgliche Abweichung von der Reinigkeit angenommen wird. Gleichwohl haben die Tonkünstler bey der gleichschwebenden Temperatur diese große Schwierigkeit gefunden, daß die Stimmung nicht anders, als nach einem genau eingetheilten Monochord möglich ist; überdem haben sie auch dieß als einen Nachtheil angeführt, daß in der gleichschwebenden Temperatur alle Grundtöne einander völlig gleich werden, wodurch die schätzbaren Vortheile verloren giengen, welche man sonst aus der Mannichfaltigkeit des Charakters der Tonleitern von verschiedenen Grundtönen ziehe, und welche kein Tonsetzer von Gefühl gern aufopfern werde.

Unter den Neuern hat daher Kirnberger [b]) eine ungleich schwebende Temperatur angegeben, welche ein jeder guter Stimmer, meistens durch Quinten, ohne Mühe treffen kann, und welche nicht, wie viele

ans

b) Die Kunst des reinen Satzes in der Musik. Berlin 1771. 4.

ndere vorgeschlagene, manchen Tönen vorzüglich reine Intervalle, zum Schaden der übrigen, giebt, sondern sich mehr an das hält, was der Natur des reinen Gesanges aus jedem Grundtone am nächsten kommt. Die Verhältnisse dieser Temperatur sind in folgender Tafel enthalten:

c	—	1	— 1,0000	g	—	$\frac{2}{3}$	— 0,6667
cis	—	$\frac{243}{256}$	— 0,9492	gis	—	$\frac{81}{128}$	— 0,6328
d	—	$\frac{8}{9}$	— 0,8889	a	—	$\frac{161}{270}$	— 0,5963
dis	—	$\frac{27}{32}$	— 0,8437	b	—	$\frac{9}{16}$	— 0,5625
e	—	$\frac{4}{5}$	— 0,8000	h	—	$\frac{8}{15}$	— 0,5313
f	—	$\frac{3}{4}$	— 0,7500	c	—	$\frac{1}{2}$	— 0,5000
fis	—	$\frac{32}{45}$	— 0,7111				

Was den Einwurf gegen die gleichschwebende Temperatur betrifft, daß nach selbiger die Stimmung der Flügel oder Claviere nicht anders, als mit Hülfe des Monochords möglich sey, so hat Lambert c) gezeigt, daß auch ohne Monochord der Flügel gleichschwebend gestimmt werden könne. Man steigt nämlich vom Grundtone 7 reine Quinten aufwärts, und nimmt, wie gewöhnlich, die Unteroktaven zu Hülfe. Von der 7ten Quinte steigt man um eine reine große Terze, so kommt man auf die gleichschwebend temperirte Quart des Grundtons, und man kann auf diese Art 6 gleichschwebend temperirte Töne der Oktave finden. Nun geht man zum ersten Grundton zurück, stimmt 7 fallende reine Quinten unterwärts, und nimmt nun die Oberoktave zu Hülfe. Von der 7ten Quinte geht man eine fallende reine große Terze weiter unterwärts, so hat man die gleichschwebend temperirte Unterquart des Grundtons. Diese nimmt man von neuem zum

c) Remarques sur le temperament en Musique in den Nouv. mém. de l'Acad. de Prusse. an. 1774. p. 55 sqq.

zum Grundton an, und verfährt wie vorhin. So findet man die übrigen 5 gleichſchwebend temperirten Töne der Oktave.

Nach Brook Taylor haben vornehmlich Daniel Bernoulli [d]), Euler [e]) und de la Grange [f]) allgemeine Unterſuchungen über die verſchiedenen Schwingungsarten der Saiten angeſtellt. Hiebey haben zugleich Bernoulli und Euler ganz richtig gezeigt, daß das Mitklingen mehrerer Töne zugleich mit dem Grundtone nicht weſentlich, wie einige geglaubt hatten, ſondern nur zufällig ſey.

Ueber den Klang der Stäbe und Streifen hat Daniel Bernoulli in den Commentarien der Petersburger Akademie zuerſt Unterſuchungen angeſtellt. Euler hatte zwar auch ſchon dieſen Gegenſtand in ſeiner Theorie der Muſik (cap. I. §. 23.) berührt, durch Bernoulli's Unterſuchungen aber wurde er von neuem veranlaßt, ihn etwas umſtändlicher und genauer zu verfolgen [g]). Durch ſeine genauen Berechnungen fand er, daß man elaſtiſche Stäbe und Bleche nicht nach den Geſetzen der Saiten beurtheilen dürfe, wie er vormals gethan hatte. Bey Stäben von einerley Materie verhalten ſich die Grundtöne, und die gleichartigen Töne überhaupt, wie die Dicken der Stäbe, und umgekehrt, wie die Quadrate ihrer Längen. Bey den Blechſtreifen ſteht die abſolute Elaſticität im zuſammen-

d) Mémoir. de Berlin. 1753. 1765.

e) Nov. comment. Petrop. T. IX. XV. XVII. XIX. Mém. de Berlin. 1748. 1753. 1765.

f) Miſcell. Taurinenſ. T. I II. III.

g) Methodus inveniendi curvas maximi minimive proprietate gaudentes. Add. I. de curvis elaſticis. Lauſ. et Genev. 1744. 4. p. 245 ſqq. ingl. Inveſtigatio motuum, quibus laminae et virgae elaſticae contrimeſcunt in Comment. Acad. Petrop. 1779. P. I. p. 103 ſqq.

sammengesetzten Verhältnisse der Steifigkeit ihrer Materie, ihrer Breite, und des Würfels ihrer Dicke. Wenn also λ die Länge, γ das Gewicht, und s die absolute Elasticität des Streifen bedeutet, so folgt, daß sich die Quadrate der Schwingungszeiten, wie $\frac{\lambda^3 \gamma}{s}$ verhalten.

Auch hat Euler[h]) über den Klang der Ringe und Glocken Untersuchungen angestellt, welche aber mit den Erfahrungen nicht genug übereinstimmten.

In diesem Zeitraume hielt man noch die Bewegung, worin das Wesen des Schalles besteht, für ein Zittern der kleinsten Theile des schallenden Körpers. Musschenbroek[i]) zeigt sogar in einer Figur, wie sich die Theile einer klingenden Saite bey ihren Schwingungen an einander hin und her schieben müssen. Beym Uebergange zur Theorie setzt er aber doch voraus, daß die Schwingungen den Erzitterungen gleich und proportional wären, und spricht von dieser Stelle an gar nicht mehr vom Zittern: videntur, sagt er, proinde celeritates tremorum cum celeritatibus oscillationum utcunque convenire, vel harmonicae esse — quia autem tremores non ita observari, quam oscillationes, possunt, has loco tremorum in sequentibus considerabo. Dies ist offenbar ein stillschweigendes Geständniß, daß aus dem Zittern der kleinsten Theile nichts erklärt werden könne.

Die

h) De sono campanarum in Comment. Petrop. T. X.

i) Introd. ad philos. natur. §. 2191. sqq. Tab. XVII. fig. 10. et 11.

Die Theorie der wellenförmigen Bewegung der elaſtiſchen flüſſigen Mittel, in welchen ſich der Schall fortpflanzt, hatte Newton zuerſt auf beſtimmte Grundſätze gebracht. Aus dieſer Theorie ſuchte er zu beſtimmen, mit welcher Geſchwindigkeit ſich der Schall in der atmoſphäriſchen Luft fortpflanze. Die Vorſtellung, welche ſich Newton von der wellenförmigen Fortpflanzung des Schalles gemacht hat, iſt bereits im 2ten Theile S. 492. u. f. angeführt worden. Indeſſen hatte Herr von Mairan einige Schwierigkeiten darin gefunden, daß in einer und eben derſelben Luftmaſſe oft ungemein viele verſchiedene Töne zu gleicher Zeit fortgepflanzt werden, ohne ſich zu hindern. Er kam daher auf die Idee, daß die atmoſphäriſche Luft aus Theilchen beſtehe, die verſchiedene Elaſticität beſäßen, ſo daß einem jeden Tone eine ihm gemäße Elaſticität oder Spannung zugehöre. Dieſe Idee, welche er bereits im Jahre 1719 der Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris bekannt gemacht hatte, verglich er mit der Vorſtellung, welche ſich Newton von der Fortpflanzung des Lichts gemacht hatte, und glaubte damit eine große Uebereinſtimmung zu finden. Hiernächſt überſchrieb er ſeine Gedanken dem groſſen Newton ſelbſt, welcher ſie, wie Mairan berichtet, ſehr gebilligt habe. Dies habe ihn nun bewogen, dieſe ſeine Vorſtellung in einer eigenen Abhandlung gehörig auszuführen [k]). Hiernach muß ein jeder Ton die ihm zugehörigen Luftheilchen in Schwingungen ſetzen, und wenn es möglich wäre, daß man einen Schall erregen könnte, welcher gar keine ihm gemäß geſpannte Luft-

k) Diſcours ſur la propagat. du ſon dans les differens tons, qui le modifient. in d. Mémoir. de l'Acad. des ſcience de Paris au. 1737.

Lufttheilchen hätte, so würde derselbe gar nicht hörbar seyn.

Gabriel Cramer l), Prof. der Mathematik zu Genf, nannte Mairan's Gedanken schön, und einer genauern Prüfung würdig. Bey dieser Gelegenheit greift er zugleich Newtons Theorie von der wellenförmigen Bewegung mit nicht unwichtigen Gründen an. Er zeigt nämlich, daß der Beweis seiner 47. Proposition (der neuern Ausgaben von Newtons System) nicht schließend sey, weil man ihn mit eben so gutem Erfolge zur Demonstration ganz anderer und offenbar falscher Schlußfolgen gebrauchen könne. Er erweiset, um ein Beyspiel zu geben, ganz auf eben die Art, wie Newton, daß die hin- und hergehenden Theilchen nicht nach den Gesetzen des Pendels, sondern wie die drey fallenden und aufsteigenden schweren Körper, beschleunigt und retardirt werden müssen, welches doch offenbar falsch ist. Die Commentatoren Jacquier und le Sieur haben zwar Newtons Satz durch eine überaus weitläuftige Rechnung zu retten, und den Beweis mehr auf die Natur elastischer Mittel zu gründen gesucht; allein es ist auch hiebey noch zu viel unerwiesenes vorausgesetzt, als daß man Newton's an sich so schöne Theorie für fest gegründet und von allen Schwierigkeiten befreyt halten könnte, besonders, da sie von den Resultaten der Versuche so sehr abweicht.

Euler m) ist zwar mit Newton's Theorie im Ganzen genommen zufrieden, nur mißbilligt er die Hypo-

l) Extrait d'une lettre de Mſr. *Cramer*, du mois de Juillet 1740. im Journal des savans. an. 1741. p. 171. sqq.

m) Conjectura physica circa propagationem soni et luminis. Berol. 1750. 4. §. VII.

Hypothese, welche Newton in Ansehung der Natur der Lufttheilchen annimmt. Denn wenn, sagt er, der zehnte Theil der Luft aus harten Kügelchen bestände, so würde sich die Luft nicht über 10 mal verdichten lassen, welches gegen die Erfahrung streite. — Allein in Newtons Hypothese liegt dies nicht; nach seiner Vorstellung macht zwar der Durchmesser des Lufttheilchens, der eine Linie ist, den zehnten Theil des Abstandes vom nächsten Theilchen aus, aber die Summe der Kügelchen selbst, welche Körper sind, beträgt nicht den zehnten, sondern erst den tausendsten Theil des ganzen körperlichen Volumens; mithin folgt nur, daß sich die Luft nicht über 1000 mal comprimiren lasse. Ein so großer Geometer, wie Euler, hätte dies auf den ersten Blick gefunden, wenn er ganz unbefangen gegen Newton gewesen wäre. —

Euler nimmt mit Newton an, ein einzelner Puls werde zwar genau um 979 englische Fuß in einer Sekunde fortgehen, und für diesen Fall sey die Theorie berechnet; allein wenn mehrere successive Schläge in einer Reihe auf einander folgten; so werde die Geschwindigkeit der erstern Schläge durch den Stoß der folgenden vergrößert, und dies sey der Fall bey den Versuchen, wo also die Geschwindigkeit zugleich von der Anzahl der Schläge abhange. Hieraus würde folgen, daß sich höhere Töne schneller, als tiefere, fortpflanzten. Euler bemerkt aber, daß der Unterschied nicht von unsern Sinnen wahrgenommen werden könnte, und daß überhaupt die Erfahrungen hierüber, in aller Strenge genommen, nicht fehlerfrey wären. Uebrigens legt Euler dieselbe Theorie auch bey der Fortpflanzung des Lichts zum Grunde, und gebraucht da den Einfluß, den die Succession der Schläge auf die

Ge-

Geschwindigkeit der Wellen haben soll, mit zu den Erklärungen der Farbenzerstreuung.

Mairans Meynung, daß es für jeden Ton eine gewisse demselben gemäße Spannung der Lufttheilchen gebe, widerlegt Euler n) unter andern auch dadurch, daß ein Mittel aus Theilen von so verschiedenen Elasticitäten gar nicht existiren könne, weil die schwächer gespannten Theile von den stärkern so lange würden zusammengedruckt werden, bis alle einerley Elasticität besäßen. Da auch zunächst um einen Theil nur eine gewisse Anzahl anderer Theile Platz habe, so könnten sich nur an wenigen Stellen gleich gespannte Theilchen die nächsten seyn; die sich aber nicht die nächsten wären, und durch anders gespannte Theile getrennt wären, könnten sich ihre Bewegung nicht mittheilen, ohne die dazwischen liegenden mit zu bewegen.

Obgleich bereits so viele Versuche angestellt waren, um die Geschwindigkeit des Schalles zu bestimmen, so waren doch die dadurch gefundenen Resultate so sehr verschieden, daß die königliche Akademie zu Paris beschloß, neue Erfahrungen hierüber mit der möglichst größten Genauigkeit zu machen. Sie gab daher den Herren Cassini von Thury, Maraldi, und de la Caille den Auftrag hiezu o). Diese wählten weit größere Entfernungen, als bey allen vorigen Erfahrungen geschehen war. Die eine Entfernung betrug 11756 Paris. Toisen, und diese durchlief der Schall binnen 1 Minute $8\frac{1}{4}$ Sekunden, so daß also die Geschwindigkeit des Schalles in einer Sekun-

n) Nova theoria lucis et color. §. 60. sqq.

o) Sur la propagation du son. in den Mém. de Paris. an. 1738.

Sekunde 172 Toiſen $1\frac{1}{2}$ Fuß ausmachte. Die andere Entfernung war 14636 Pariſ. Toiſen, und dieſe durchlief der Schall in 1 Minute $24\frac{1}{2}$ Sekunde, folglich belief ſich die Geſchwindigkeit in einer Sekunde auf 173 Toiſen. Aus dieſen und noch mehreren Verſuchen fanden ſie die Geſchwindigkeit des Schalles in 1 Sekunde im Mittel 173 Toiſen oder 1038 Pariſ. Fuß. Aus allen ihren Verſuchen, die ſie mit der größten Genauigkeit ausgeführt hatten, ergaben ſich folgende Reſultate:

1. Daß die Geſchwindigkeit des Schalles bey ſtiller Witterung 173 Toiſen in einer Sekunde beträgt, und daß dieſe Größe beynahe die nämliche iſt, wenn der Wind die Richtung des Schalles rechtwinklicht durchſchneidet.

2. Daß der ſtarke und ſchwache Schall mit gleicher Geſchwindigkeit fortgeht.

3. Daß die Geſchwindigkeit bey heiterm Himmel und bey Regenwetter, auch bey Tag und Nacht einerley iſt.

4. Daß die Geſchwindigkeit des Schalles in allen Theilen des Weges gleichförmig iſt.

5. Daß die Geſchwindigkeit des Schalles einerley bleibt, man mag die Mündung des abzufeuernden Geſchützes nach der einen oder nach der andern Gegend richten.

6. Wenn der Wind nach der Richtung des Schalles, oder derſelben entgegen geht, ſo muß die Geſchwindigkeit des Windes von der des Schalles abgezogen, oder hinzugeſetzt werden.

7. Daß die Verſchiedenheit des Erdſtrichs, durch welchen ſich der Schall fortpflanzt, nichts dazu beyträgt,

trägt, seine Geschwindigkeit zu vergrößern oder zu vermindern.

8. Daß selbst der verschiedene Druck der Atmosphäre keinen merklichen Unterschied in Ansehung der Geschwindigkeit des Schalles verursacht.

Zuletzt wird noch bemerkt, daß man sich dieser Bestimmungen bedienen könne, um die Entfernungen der Orte zu schätzen, in welchen Licht und Schall zugleich entstehe, wie beym Abfeuern der Gewehre. Das Licht sieht man hiebey wegen seiner außerordentlichen Geschwindigkeit im Augenblicke der Entstehung selbst; den Schall aber hört man erst nach einer kleinen Zwischenzeit, welche der Schall zur Vollendung seines Weges nöthig hat. Die Zwischenzeit giebt die Entfernung des Ortes, wenn man für jede Sekunde etwa 173 Paris. Toisen rechnet.

Auch de la Condamine [p]) stellte Versuche über die Geschwindigkeit des Schalles in Cayenne und bey Quito an. Herr Winkler [q]) hat die Resultate der vorzüglichsten Beobachtungen zusammengetragen, welche folgende Tafel zeigt.

Beobachter	Ort	Weg des Schalls in 1 Sek.
Gassendi	Frankreich	1473 Par. Fuß
Die Florentiner	Italien	1185 — —
Mersenne	Frankreich	1380 — —
Cassini, Huygens ꝛc.	— —	1171 — —

Bes

p) Voyage de la rivière des Amazon. p. 206.

q) Tentamina circa soni celeritatem per aerem atmosphericum. Lipſ. 1763. 4.

Beobachter	Ort	Weg des Schalls in 1 Sek.
Flamſtead, Derham ꝛc.	England	1070 — —
Caſſini, Maraldi ꝛc.	Frankreich	1038 — — / 1041 — —
de la Condamine	Cayenne	1101 — —
— — — —	Quito	1050 — —

Von der Abmeſſung der Entfernungen vermittelſt des Schalles hat Jnas Meldercreuz r) eine eigene Abhandlung geliefert. Geſetzt ein Schall aus einem Orte (fig. 45.) a werde an einem andern Orte b gehört, und die Zeit, da man den Schall in a hört, ſey $= \alpha$, und die Zeit, da derſelbe Schall in b gehört wird, $= \alpha + \beta$; ferner die Entfernung, durch welche ein Schall mit gleichförmiger Bewegung in einer gewiſſen Zeit $= \delta$ geht, $= \gamma$: ſo wird die Entfernung $ab = \frac{\gamma . b}{\delta}$.

Wenn ein Schall aus einem Orte (fig. 46.) a an drey andern Orten b, c, d gehört wird, welche mit a in einer Fläche, aber nicht in einer geraden Linie liegen, und die Zeit, da der Schall in b gehört wird, $= \beta$, nebſt der Zeit, da eben der Schall in c gehört wird, $= \gamma$, und der Zeit, da eben der Schall in d gehört wird, $= \varepsilon$, wie auch die Länge α, die ein Schall mit gleichförmiger Bewegung in einer gewiſſen Zeit δ, gegeben ſind, ſo findet man daraus die Entfernung ab auf folgende Art. Aus den Brennpunkten b und c beſchreibt man um den Brennpunkt b, wo die Zeit am kürzeſten iſt, eine Hyperbel ga, deren Axe $eg = \frac{(\gamma - \beta)\alpha}{\delta}$

zu

r) Schwediſche Abhandl. Th. III. 1741. S. 82. u. f.

zu nehmen ist. Aus den Brennpunkten c und d beschreibt man um den Brennpunkt c, wo die Zeit kleiner ist, als für den andern Brennpunkt d, eine Hyperbel ha, deren Axe $fh = \frac{(\varepsilon - \gamma)\ \alpha}{\delta}$ genommen wird. Der Durchschnitt a beyder Hyperbel ga, ha giebt die Länge ab und dieser Linie Lage.

Wenn die gegebenen Zeiten β und γ oder γ und ε einander gleich wären, so verwandelt sich die Hyperbel ga in eine gerade Linie, die auf bc senkrecht steht, oder die Hyperbel ha in eine dergleichen gerade Linie. Wenn der Ort b und c, oder c und d in eben der geraden Linie mit a lägen, so verwandelt sich die Hyperbel ga in eine gerade Linie, die durch die Oerter b, c und a geht, oder die Hyperbel ha in eine gerade Linie. Wenn endlich alle drey Oerter b, c und d in einer geraden Linie mit a liegen, so verwandeln sich beyde Hyperbeln ga und ha in eine einzige gerade Linie, und geben daher keinen Durchschnitt, oder keine Auflösung der Aufgabe.

Liegt der Ort a mit b, c, d, nicht in einerley Fläche, so kann in einem vierten Orte, welcher mit den Orten b, c, d in einer Fläche liegt, die Zeit beobachtet werden, da man eben den Schall daselbst hört, welcher in den andern Orten wahrgenommen wird. Mithin ergiebt sich eine dritte Hyperbel; läßt man sich diese so wohl als die beyden vorhin angeführten jede um ihre Axe drehen, so entstehen daraus drey hyperboliſche Afterkegel, die einander in zweyen Kegelschnitten durchschneiden, und diese Kegelschnitte schneiden einander wieder in dem gesuchten Orte a, und geben ihn also.

Dieſe angeführte Methode, Entfernungen durch den Schall zu meſſen, iſt nach Meldercreuz vornämlich zu gebrauchen, wenn die Oerter, deren Lage geſucht wird, von gewiſſen gegebenen Oertern, an die man kommen kann, nicht zu ſehen ſind. Bey Belagerungen kann man ſo wohl außer einer Feſtung als in ihr die Lage der Kirchen, von welchen man die Glocken hört, der Batterien, von welchen Stücke oder Mörſer losgebrannt werden, der Poſten, von welchen man das Rufen der Wache oder einen andern Schall hört, finden, ohne daß man ſich einer Gefahr ausſetzen darf, nach erwähnten Oertern zu viſiren, wenn man ſolche Oerter ohne einen merklichen Fehler in einerley Fläche mit den dazu gehörigen gegebenen Oertern annehmen kann. Eben ſo, wenn man bey Belagerungen Miniter arbeiten hört, kann man den Ort der Mine finden. Sind Seeküſten durch große Meerbuſen ſo von einander abgeſondert, daß man ihre Lage durch die gewöhnlichen Feldmeſſerarbeiten nicht finden kann, ſo läßt ſich ſolche durch den Schall finden, wenn auf verſchiedenen Schiffen, die in gehörigen Entfernungen von einander und von den Küſten liegen, die Zeiten beobachtet werden, da man einerley Schall von den Küſten oder Schiffen auf erwähnten Schiffen oder Küſten hört. Man kann auch die Lage dieſer Küſten finden, wenn man bey Stückſchüſſen von erwähnten Küſten und Schiffen, die auf vorbeſchriebene Art gelegt ſind, die Zeit abmißt, die von dem Erſcheinen des Feuers verfließt, bis man den Knall hört. Auch laſſen ſich Landſchaften vermittelſt Glockenläuten und Rufen abmeſſen, und dies geht viel beſſer und geſchwinder von ſtatten, als mit den gewöhnlichen Feldmeſſerwerkzeugen, auch erſpart man damit das Pulver, das bey ſolchen Abmeſſungen durch Losbrennen der Stücke aufgehen würde.

In Gruben können der Oerter Lagen gegen einander in verschiedenen Teufen gefunden werden. Bey allen diesen Messungen aber müßte man die Dichtigkeit der Luft, durch welche der Schall geht, hinlänglich messen. Auch in Thälern, oder wo es ein Echo giebt, muß in Acht genommen werden, wenn der Schall durch das Echo eine Zeitlang fortdauert, daß dies nicht für den gerade herkommenden, oder ersten Schall gehalten wird. Alles Landmessen durch Hülfe des Schalls, so wohl das angeführte, als dasjenige, wobey man das Licht beym Abschießen der Gewehre beobachtet, gründet sich, in so fern es genau eintreffen soll, auf genaue Abmessung der Zeit in viel kleinern Theilen als Sekunden, wozu die gewöhnlichen Uhrwerke, welche die Zeit durch Schlagen messen, nicht zu gebrauchen sind. Meldercreuz vermuthet daher, es ließen sich gehörig gefüllte Stundengläser von Quecksilber zu der hier angenommenen Abmessung der Zeit mit größerm Vortheile gebrauchen; sobald man den Schall hörte, drehte man einen Hahn auf und ließe das Quecksilber auslaufen, und nachdem in einigen von den gegebenen Oertern ein Zeichen durch Erhöhung einer Fahne bey Tage, oder einer Laterne oder mit Raketen bey Nacht, gegeben würde, drehte man den Hahn wieder zu und hielte es also auf. Der Unterschied im Gewichte des in verschiedenen Orten ausgelaufenen Quecksilbers würde den erwähnten vorausgesetzten Unterschied anzeigen, und dies in viel kleinern Theilen, als Sekunden, wenn man dieses Quecksilber mit der Menge Quecksilber vergleiche, die in einer gewissen gegebenen Zahl von Sekunden nach einer Pendeluhr ausliefe.

Sprachrohr.

Man hatte bisher verschiedene Vorschläge gethan, dem Sprachrohre eine solche Gestalt zu geben, um dadurch den größt möglichst stärksten Schall auf die größte Weite zu bringen. Zu Erreichung dieses Zwecks hatte vorzüglich Haas eins vorgeschlagen, welches der Theorie nach die vortheilhafteste Gestalt besitzen müßte; allein die Erfahrung hat doch gelehrt, daß es dasjenige nicht leiste, was sich Haas von ihm versprochen hat. Lambert s) hat gezeigt, daß die Figur eines abgekürzten Kegels, wo nicht die beste, doch eben so gut sey, als jede andere, die man statt ihrer wählen könnte. Es sey (fig. 47.) adeb der abgekürzte Kegel, welcher als Sprachrohr dient, de die kleinere Oefnung, die man an den Mund anschließt, ab die größere Oefnung, fg die Länge der Axe, ad die Länge der Seitenlinie. Hier ist die Frage, wie groß müssen die Grundflächen im Durchmesser, und wie groß die Länge der Axe seyn, wenn das Sprachrohr dienen soll, die Worte einer stark hinein redenden Person bis auf eine verlangte Entfernung verständlich fortzupflanzen? Wenn man diese Entfernung mit der größten Entfernung dividirt, in welcher die Worte einer stark redenden Person ohne Sprachrohr noch verständlich gehört werden könnten, so zeigt der Quotient, wie vielmal das Sprachrohr die größte Entfernung vergrößert, in welcher die Worte einer laut redenden Person noch verstanden werden können. Dieser Quotient kann die Vergrößerungszahl genannt werden. Es schneide die Seitenlinie ad des abgekürzten Kegels adeb seine Axe fg in dem Punkte c, so ist c die Spitze des ganzen Kegels, wovon das abgekürzte einen Theil ausmacht, und

fca

s) Sur quelques instruments acoustiques in der Histoir. de l'Acad. de Prusse. an. 1763. p. 87. sqq.

fca ist der halbe Winkel an der Spitze. Vermöge der Theorie muß der halbe Durchmesser fa der größern Grundfläche so groß seyn, als die Länge cd der Seitenlinie des kleinen oben abgeschnittenen Kegels; die Oefnung de aber kann im Durchmesser $1\frac{1}{2}$ Zoll groß gemacht werden, damit sie bequem am Munde anschließe. Wenn nun die Größe des Winkels an der Spitze, mithin auch seine Hälfte, und die Länge der Seitenlinie ca des ganzen Kegels bekannt ist; so kann der halbe Durchmesser fa der größten Grundfläche nach der Trigonometrie durch diese Proportion sin. tot. : ca = sin. fca : fa gefunden werden. Eben so groß muß cd seyn, und diese Länge cd von ca abgezogen giebt die Länge ad der Seitenlinie des abgekürzten Kegels, welcher als Sprachrohr dienen soll.

Lambert leitet aus der Theorie ferner folgende Regeln ab, um den Winkel an der Spitze, und die Länge der Seitenlinie cs zu finden:

1. Man dividire die Quadratwürzel aus der Zahl 2 durch die Vergrößerungszahl, so hat man die Länge eines Bogens für den Halbmesser = 1, welcher das Maas des halben Winkels fca an der Spitze abgiebt.

2. Man nehme das Quadrat von der Vergrößerungszahl, und alsdann $\frac{3}{8}$ von diesem Quadrate, so hat man die Länge der Seitenlinie ca in Zollen. Alsdenn kann af = cd, und daraus ferner ad gefunden werden.

Z. B. nimmt man die größte Entfernung, in welcher man die Worte einer stark redenden Person noch verständlich hören kann, 400 Fuß an, und es soll das Sprachrohr die hinein geredeten Worte 5000 Fuß weit verständlich fortpflanzen; so findet man $12\frac{1}{2}$ als Vergrößerungszahl. Ferner ist $\sqrt{2} = 1{,}414213$

und

und diese Zahl nach (1) durch 12,5 dividirt giebt 0,11313 für die Länge des mit dem Halbmesser = 1 beschriebenen Bogens, der das Maas des Winkels fac abgiebt. Weil dieser Winkel nur klein ist, so ist der Sinus nicht erheblich von dem eben gefundenen Bogen verschieden, und man findet gleich fa, wenn man ca mit der Zahl 0,11313 multiplicirt.

Ferner ist von 12,5 die Quadratzahl 156,25, und hiervon $\frac{3}{8}$ genommen giebt die Länge ca = 58,6 Zoll. Wird diese weiter mit 0,11313 multiplicirt, so findet man fa oder cd, 6,6 Zoll lang, und diese von 58,6 Zoll abgezogen geben die Länge da 52 Zoll, oder 4 Fuß 4 Zoll. Dies Sprachrohr vergrößert die Entfernung, in welcher die Worte einer laut redenden Person verständlich gehört werden können, $12\frac{1}{2}$ mal. Wäre die Stimme der Person nicht stark genug, um in einer Entfernung von 400 Fuß noch verstanden zu werden, so würde man ihre Worte auch durchs Sprachrohr nicht in der Entfernung von 5000 Fuß verstehen.

Drittes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche das Weltgebäude überhaupt betreffen.

Newton's System der Mechanik des Himmels, nach welchem er selbst die damals bekanntesten Erscheinungen der Weltkörper so schön erklärte, fand außer England anfänglich wenig Beyfall. Der vorzüglichste Grund lag nach Clairaut, wie bereits oben angeführt worden, darin, daß seine Theorie

von

von den wenigsten richtig verstanden, und überhaupt von den meisten nicht mit gehöriger Aufmerksamkeit gelesen wurde. Indessen setzte doch diese Theorie das System des Copernicus voraus, welches besonders noch durch Bradley's wichtige Entdeckung über die allmählige Fortpflanzung des Lichts auf eine direkte Weise bestätigt wurde. Die meisten französischen Gelehrten hatten freylich noch eine zu große Vorliebe für das Cartesianische System, und gaben sich daher ausserordentliche Mühe, selbst das von Newton entdeckte allgemeine Gesetz der Gravitation damit zu vereinigen. So verflossen seit der Entdeckung des allgemeinen Gesetzes der Gravitation gegen 50 Jahre, ohne daß derselben etwas merkwürdiges beygefügt wurde. Eine solche Zeit schien nöthig gewesen zu seyn, um diese große Wahrheit allgemein zu fassen, und die Hindernisse zu übersteigen, welche ihr das System der Wirbel und vielleicht auch die Eigenliebe der Geometer, die Newton's Zeitgenossen waren, entgegensetzte. Einer der ersten, welche Newton's Systeme Beyfall gaben, war der Herr von Maupertuis. Dieser stellt in seiner Schrift: Discours sur les differentes figures des astres à Paris 1732. eine Vergleichung zwischen dem Systeme der Wirbel und dem Newtonschen an, und zeigt, daß sich alle Erscheinungen am Himmel nach dem letztern weit einfacher und natürlicher erklären lassen, als nach dem Systeme der Wirbel. Gleichwohl fand Newtons System noch keinen allgemeinen Eingang in Frankreich. Erst gegen das Jahr 1740 fand sich für dasselbe ein glücklicherer Zeitpunkt ein. Die englischen Gelehrten, welche Newtons System vertheidigten, hatten nämlich behauptet, daß unsere Erde ein an beyden Polen abgeplattetes Sphäroid sey, welche Gestalt das Newtonsche System voraussetzte. Dagegen waren

ren die französischen Gelehrten einiger von ihnen gemessenen Meridiangrade wegen ganz der entgegengesetzten Meynung, welche folglich mit dem Newtonschen Systeme nicht vereinbar seyn konnte. Als aber endlich zu dieser Zeit durch wirkliche Ausmessungen Newtons Meynung richtig befunden wurde, so fieng man auch auf einmal an, seine Theorie mit mehrerem Eifer zu studiren. Ueberdem war seit dieser Zeit die Analyse zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gekommen, und die Mathematiker hatten den glücklichen Gedanken, dieselbe auf diese Theorie anzuwenden. Auf solche Art wurde nicht allein Newtons System vollkommen bestätigt, sondern auch dasselbe noch mehr erweitert und genauer bestimmt; so daß auch keine einzige Erscheinung, welche am Himmel beobachtet wurde, unerklärbar blieb. Erst auf diese Weise waren die Astronomen im Stande, genauere Tafeln für die Bewegungen der Himmelskörper zu liefern. Dies ist in der That der größte Triumph für Newtons Theorie, und man kann daher sagen, daß diese der wahre Grund der physischen Astronomie ist. Es erhellet zugleich hieraus, daß das Copernicanische System dadurch die höchste Stufe der Wahrscheinlichkeit erhält, die man als mathematische Wahrheit annehmen kann, da besonders noch die Abplattung der Erde an den Polen einen direkten Beweis desselben abgiebt, als welche die Umdrehung der Erde um ihre Axe nothwendig voraussetzt. Ich werde mich bemühen, so plan, als es der Gegenstand selbst zuläßt, alle diese Entwickelungen und Entdeckungen, so wie sie nach und nach erfolgt sind, zu erzählen, mich aber mehr aufs physische, als aufs mathematische beschränken, obgleich hiebey das letztere von dem erstern nicht allemal wohl getrennt werden kann, wenn man nicht unverständlich werden will.

Newton t) setzte bey seinen Erklärungen der himmlischen Erscheinungen nach seinem Systeme voraus, daß die Planeten bey ihren Bewegungen im Himmelsraume keinen Widerstand erlitten, und beweißt dies daraus, weil die Luft 200 Meilen über der Erde schon 75 Billionen mal dünner, als an der Erdfläche sey, und Jupiter in einem so dünnen Mittel eine Million Jahre laufen könnte, ehe er durch den Widerstand desselben nur ein Millionentheilchen der ihm mitgetheilten Bewegung verliehren würde. Euler u) glaubte, Newton habe, um die Bewegung der Planeten nicht zu hindern, eine Leere im Himmelsraume angenommen, und wundert sich darüber, da er doch diesen Raum durch seine ausfließenden Lichtstrahlen wieder mit einer Materie angefüllt habe, deren stete und heftige Bewegung den Lauf der Planeten unendlich stärker stöhren müsse. Ein trauriges Beyspiel menschlicher Weisheit, sagt er, die, um einer Schwierigkeit auszuweichen, oft auf eine weit größere Thorheit verfällt. Dieses Urtheil über Newton ist in der That zu hart. Keine einzige Stelle findet sich in seinen Schriften, wo eine absolute Leere im Weltraume behauptet würde; vielmehr redet er, wie schon oben angeführt ist, an mehreren Stellen von einem sehr feinen Mittel (Aether), welches selbst der luftleere Raum enthalte; er streitet blos gegen des Des Cartes absoluten und ohne alle leere Zwischenräume erfüllten Raum, eben weil er die atomistische Lehre begünstigte. —

Euler

t) Philos. natur. princip. math. L. III. prop. 10.

u) Nova theoria lucis et colorum in Opusc. var. argum. Berol. 1746. 4. p. 169. sqq. und Lettres à une princesse d'Allemagne. lettre 18.

Euler suchte des Huygens behaupteten Aether durch eine fruchtbare Rechnung, welche ihn als Mathematiker in seiner ganzen Größe zeigt, allgemeinen Eingang zu verschaffen, und machte sich von ihm diese Vorstellung: er sey eine höchst feine, flüssige, elastische Materie, und fülle vermöge seiner Elasticität so wohl die Himmelsräume, als die Zwischenräume der Körper aus. Wie er hieraus die meisten und erhabensten Erscheinungen der Natur erklärt, soll an den gehörigen Orten umständlich erzählt werden. Euler hatte auch wirklich das Glück, daß die meisten Naturforscher seiner Vorstellung gemäß das Daseyn des Aethers behaupteten. Hier kam es nun vorzüglich auf die Frage an: ob der Aether, wenn er wirklich vorhanden sey, durch den Widerstand, welchen er den Bewegungen der Planeten entgegensetzt, einige Veränderungen hierin verursachen werde? Man hatte zwar bisher fast alle Erscheinungen, welche sich bey den himmlischen Bewegungen vorfanden, mit Hülfe des Newtonschen Systems glücklich entwickelt, demungeachtet aber fanden die Astronomen noch einige Bewegungen, besonders die mittleren Bewegungen der Planeten und ihrer Trabanten, welche sich noch nicht mit dieser Theorie wollten vereinigen lassen. Da man nun hievon weiter keine Ursache entdecken konnte, so glaubte man, sie rühren vom Widerstande des Aethers her. Euler v) vermuthet, daß durch diesen Widerstand hauptsächlich die großen Axen der Planetenbahnen und die Umlaufszeiten verkürzt würden, und nimmt an, das Sonnenjahr werde alle Jahrhunderte etwa um 5 Sekunden kürzer. Inzwischen gab es aber doch auch einige Astronomen, welche behaupteten, daß vielleicht die Unvollkom-

v) De relaxatione motus planetarum a resistentia aetheris ortu in Opusc. Tom. I. n. 4.

kommenheit der Analyse es nicht zulasse, alle mögliche Aufgaben des Himmels in möglichster Strenge aufzulösen, und die Beobachtungen unter die richtigen Sätze der Newtonschen Theorie zu bringen. Um also diese Zweifel zu heben, gab die Pariser Akademie der Wissenschaften für das Jahr 1763. die Frage auf: ob die Planeten sich in einem Mittel bewegten, dessen Widerstand eine beträchtliche Wirkung in ihren Bewegungen hervorbringen könne? Der Abbe' Bossut w) erhielt den Preis, und Albert Euler das Accessit.

Bossut leitete aus seinen Formeln folgende Resultate her:

1. Wenn die Sonnennähe und Sonnenferne der Planetenbahnen einige Bewegung haben, so kann hieran der Widerstand des Aethers nicht schuld seyn.

2. Dieser Widerstand suche blos ohne Unterlaß die große Axe der Bahnen zu vermindern, ohne jedoch eine merkliche Wirkung hervorzubringen.

Diese Resultate finden statt, die Eccentricität mag sehr groß seyn, wie bey den Cometenbahnen, oder sehr gering, wie bey den Planeten. Denn so lange die große Axe der Bahnen, oder welches auf eins heraus komme, der Radius Vektor der Planeten und Cometen beständig verkürzt werde, so müßten auch die Umlaufszeiten eine Verminderung erleiden. Dies folgt unmittelbar aus Bossut's Formeln, und ist selbst eine Folge der Keplerschen Regel, nach welcher bekannter

w) Recueil des pièces, qui ont remporté le prix de l'Acad. roy. Tom. VIII. *Bossut* recherches sur les alterations, que la resistance de l'éther peut produire dans les mouvemens moyens des planètes. Charleville 1766. 4.

ter Maaßen die Umlaufszeiten ſich wie die Quadratwurzeln aus den Würfeln der großen Axen der Bahnen verhalten. Wenn der Widerſtand des Aethers wirklich eine ſolche beträchtliche Wirkung hervorbrächte, ſo würden die Kometen, welche in der Sonnennähe der Sonne ſehr nahe ſind, ſich endlich in dieſes Geſtirn ſtürzen; das nämliche Schickſal würden auch mit der Zeit die Planeten haben.

Zuletzt ſtellt Boſſut mit ſeiner Theorie und mit den Beobachtungen, welche über die Bewegungen der Planeten und ihrer Begleiter gemacht worden ſind, Vergleichungen an, und glaubt, daß die ungleich beobachteten mittleren Bewegungen dieſer Himmelskörper eine Wirkung des Widerſtandes des Aethers ſeyen. Für den Mond insbeſondere, bey welchem die Ungleichheiten der mittleren Bewegung ſo beträchtlich waren, führt er für ſeine Meynung folgende Gründe an:

1. In derjenigen Formel, welche die Geometer aus dem Princip der Anziehung hergeleitet hätten, um die Stelle des Mondes zu finden, fände man keinen Ausdruck, welcher die Beſchleunigung der mittleren Bewegung darſtellte. Dieſe Beſchleunigung könne man nicht von der Anziehung irgend eines Kometen herleiten, weil dieſe beſtändig wäre, und daher immer mit einer gleichen Kraft wirken müßte. Sie ſcheine alſo bis jetzt nach der Theorie der Anziehung unerklärbar.

2. Das Daſeyn des Aethers in dem Himmelsraume ſey keinem Zweifel unterworfen; denn wenn man auch nicht zugeben wollte, daß die Sonne eine ähnliche Atmoſphäre, wie unſere Erde, beſäße, ſo müßte doch diejenige Materie, welche das Licht bilde, beſtändig alle Räume ausfüllen. Es ſey aber unmöglich zu denken, daß eine flüſſige Materie, ſo fein man ſie

ſich

sich auch vorstelle, gar keinen Widerstand gegen bewegte Körper ausüben sollte.

3. Wenn man die sekulairen Gleichungen für den Mond untersuche, so finde man eine genaue Uebereinstimmung mit seiner Theorie. Allein, frägt er, könnte nicht vielleicht diese Uebereinstimmung zufällig seyn, und daher keinesweges anzeigen, daß die Veränderung der mittleren Bewegung des Mondes eine Wirkung des Widerstandes des Aethers sey?

4. Nähme man an, die Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes werde wirklich von dem Widerstande des Aethers verursacht, so finde man, daß die Beschleunigung der mittlern Bewegung der Erde, welche durch den nämlichen Widerstand bewirkt werde, sehr gering sey, und wenigstens während einer langen Zeit unmerklich bleibe. Seine Erklärung gründe sich daher auf direkte Beobachtungen, und werde durch indirekte bestätigt.

Diesen Gründen zu Folge, fährt Bossut fort, könne man gar nicht mehr zweifeln, daß nicht der Widerstand des Aethers die mittlere Bewegung des Mondes verändere, mithin auch nach einer natürlichen Folge die der Erde. Nach der Analogie ließe sich daher schließen, daß dies auch bey den übrigen Planeten statt finde.

Herr de la Lande w) urtheilte dagegen: bisher beweise noch nichts einen Widerstand der ätherischen Materie, und nach dem Eingeständnisse aller Astronomen müßten die Himmelskörper, wenn nicht in einem ganz leeren Raume, wenigstens in einer Materie sich befin-

w) Astronomisches Handbuch §. 1059.

befinden, deren Wirkung unmerklich, und die für uns eben ſo, als ein leerer Nahm anzuſehen iſt.

Boſſut's Gründen wurde aber bald widerſprochen, beſonders in Anſehung der Bewegung des Mondes; denn im Jahre 1768 ſchien die Pariſer Akademie der Wiſſenſchaften, welche über dieſen Gegenſtand eine Aufgabe vorlegte, gerade das Gegentheil von Boſſut's Meynung vorauszuſetzen; denn es könnte ſehr wohl möglich ſeyn, daß die Beſchleunigung des Mondes eben ſo wohl, wie die Beſchleunigung des Jupiters, durch eine Anziehung von derſelben Natur bewirkt werden könne, als diejenige, welche die Verzögerung des Saturns verurſache.

Die Folge dieſer Geſchichte wird zeigen, daß alle dieſe Erſcheinungen ſehr glücklich aus Newtons Theorie erklärt worden ſind; und obgleich der Mond, das nächſte Geſtirn unſerer Erde, den Aſtronomen am meiſten zu ſchaffen gemacht hat, ſo ſind doch ſeine bis jetzt bekannten Erſcheinungen nach Newtons Theorie hinreichend erklärt worden.

Sonne.

Bisher war man noch nicht ſo glücklich geweſen, die Entfernung der Sonne von der Erde mit möglichſt größter Genauigkeit zu finden. Die zu dieſer Beſtimmung nöthige Sonnenparallaxe war noch nicht übereinſtimmend genug gefunden worden, um daraus mit Zuverläſſigkeit berechnen zu können, wie weit die Sonne von der Erde entfernt iſt. De la Caille berechnete aus ſeinen eigenen Beobachtungen am Vorgebürge der guten Hofnung, mit den gleichzeitigen von Wargertin zu Stockholm und mit noch mehreren an andern Orten angeſtellten verglichen für den 14ten Septemb. 1751, die

die Parallaxe des Mars auf 26,8 Sekunden; die Entfernung des Mars von der Erde verhielt sich zu dieser Zeit wie 382 zu 1000, wodurch sich die Sonnenparallaxe 10¼ Sekunde ergab.

Weil die Venus in ihrer untern Conjunktion noch der Sonne um ein ansehnliches näher, als der Mars, kommt, so ließe sich aus gehörigen Beobachtungen die Sonnenparallaxe noch weit vortheilhafter finden. Allein es ereignen sich hier Schwierigkeiten, die Venus wegen ihres nahen Standes bey der Sonne gehörig zu beobachten. Indessen haben doch Bianchini, Maraldi und de la Caille auch diese Methode benutzt, und ersterer fand die Sonnenparallaxe 14 Sekunden, und letzterer 10¼ Sekunden.

Endlich aber wurden die Astronomen in den Jahren 1761 und 1769 auf die zu erwartenden seltenen Himmelsbegebenheiten, nämlich auf den Durchgang der Venus durch die Sonnenscheibe, aufmerksam, um hieraus die Sonnenparallaxe mit möglichster Genauigkeit zu bestimmen. Auch haben uns ihre Bemühungen und die wirksamen Unterstützungen der Regenten und Akademieen, besonders im Jahre 1769, Resultate verschafft, mit welchen wir in Rücksicht auf die Entfernungen und Größen der Weltkörper sehr zufrieden seyn können. Die königliche Societät zu London ließ im Jahre 1769 in der Hudsonsbay und auf der Insel Taiti in der Südsee, der französische Hof durch den Abt Chappe in Californien, der dänische durch den P. Hell zu Wardhus in Lappland, und der schwedische durch Planmann zu Cajaneburg in Finnland beobachten; aus diesen 5 Beobachtungen brachte de la Lande die Sonnenparallaxe zwischen die Grenzen 8,6 und 8,5 Sekunden. So enge aber auch diese

Grenzen ſind, ſo haben doch die Beobachtungen noch einige Ungewißheit zurückgelaſſen. Da nämlich die Beobachtungen an ſo verſchiedenen Orten angeſtellt waren, ſo ergeben ſich daraus für die Parallaxe verſchiedene Reſultate, je nachdem man dieſes oder jenes Paar der Beobachtungen zum Grunde der Rechnung legte. Es entſtanden hierüber Streitigkeiten, wobey es aber vorzüglich darauf ankam, welche Beobachtungen die richtigſten ſind. Der P. Hell [x]) empfohl die ſeinigen zur Grundlage der Berechnungen; allein de la Lande [y]) hielt es für rathſamer, die Sonnenparallaxe lieber aus Planmanns Beobachtungen abzuleiten, und beſtimmte daraus die mittlere Sonnenparallaxe auf 8,63 Sekunden. Gegen die zu Cajaneburg angeſtellte Beobachtung und der daraus von de la Lande beſtimmten Parallaxe zeigte aber der P. Hell [z]) Fehler, und ſetzte, aus Vergleichung ſeiner zu Wardhus angeſtellten mit einigen amerikaniſchen und aſiatiſchen Beobachtungen, die mittlere Parallaxe auf 8,70 Sekunden. De la Lande gab auch wirklich damals nach, und erklärte ſeinen Stkeit mit P. Hell im Journal des ſavans 1773 für beygelegt; gleichwohl hat er in ſeiner neueſten Ausgabe der Aſtronomie ſeine vorigen Beſtimmungen, deren Fehler von Hell erwieſen ſind, beybehalten. Auch kam der P. Hell mit Lexell in Petersburg darüber in einen Streit. In einem Schreiben an ihn ſetzt er die Grenzen 8,67 und 8,73, mit der Aeußerung: Wardhus und Taiti würden die Stützen bleiben, auf welche ſich unſere Kenntniß der Größe des Sonnen-

x) Obſervat. tranſitus Veneris Wardoehuſii facta. Hafn. 1770. und in Ephem. Vien. 1771.

y) Mémoir. ſur le paſſage de Venus. à Par. 1772.

z) De parallaxi ſolis. App. Ephemer. an. 1772.

Sonnensystems gründe [a]). Ob nun wohl der P. Hell mehr Recht, als de la Lande zu haben scheint, so trauet er doch seiner Bestimmung von 8,70 zu große Zuverlässigkeit zu, wenn er sie innerhalb eines Hundertheils einer Sekunde sicher erklärt.

Die vornehmsten aus den Beobachtungen von 1769. gezogenen Bestimmungen der Sonnenparallaxe sind folgende:

Fixtmillner	8,54	Sekunden	
de la Lande	8,60	—	[b])
Lexell	8,63	—	[c])
Euler	8,68	—	[d])
Hell	8,70	—	
Hornsby	8,78	—	[e])
Pingré	8,80	—	[f])
du Sejour	8,81	—	[g])

Hiernach giebt folgende Tabelle die Entfernung der Sonne von der Erde in Erdhalbmessern und deutschen Meilen an, woraus zugleich erhellet, wie viel bey diesen Bestimmungen auf geringe Theile einer Sekunde ankömmt.

Son-

a) Beyträge zur praktischen Astronomie in verschiedenen Beobacht. Abhandl. und Method. aus den astronom. Ephemerid. des Herrn Abbe' Hell gezogen, und aus dem Latein. übers. von Jungnitz. B. IV. Bresl. 1794. 8.

b) Astronom. §. 2151.

c) Comment. Petropol. T. XVII.

d) *de la Lande* astronom. §. 2150.

e) Philos. Trans. Vol. LXI.

f) *de la Lande* astron. §. 2150.

g) Traité analytique. T. I. 1786.

Sonnenparallaxe	Entfernung der Sonne in Erdhalbmeſſern.	In deutſchen Meilen, den Halbm. = $859\frac{1}{2}$ Meil. geſetzt.
8,54 Sekund.	24152	20809000
8,60 —	23983	20614000
8,63 —	23900	20543000
8,68 —	23762	20424000
8,70 —	23702	20372000
8,78 —	23492	20191000
8,80 —	23438	20145000
8,81 —	23412	20123000

Das Mittel aus allen dieſen Parallaxen iſt ſehr nahe 8,70, mithin mit Hells Beſtimmung übereinſtimmend, welches die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde 23702 Erdhalbmeſſer oder 11851 Durchmeſſer der Erde giebt, d. h. 11851 an einander gelegte Erdkugeln würden von hier aus die Sonne erreichen.

Der ſcheinbare Sonnendurchmeſſer wird im Sommer beſtändig kleiner als im Winter gefunden. Da aber bey uns im Sommer die Sonne in größern Höhen beobachtet werden kann, wobey die Strahlenbrechung weniger Einfluß hat, ſo ſetzt man auch auf die Beobachtungen des Sonnendurchmeſſers im Sommer mehr Zutrauen, als auf die im Winter. Caſſini [h]) fand

am 23 Dec. 1732 den größten $32' 37\frac{1}{2}''$
am 30 Jun. 1735 den kleinſten $31' 32\frac{1}{2}''$

Bradley und de la Lande geben den kleinſten $31' 30'', 5$; letzterer ſieht es aber als möglich an, daß bey ſeinem Heliometer die Abweichung den Durchmeſſer um 2 bis 3 Sekunden möchte vergrößert haben. Schort fand mittelſt eines achromatiſchen Objectivmikrome-

h) Elem. de l'aſtron. Liv. I. chap. 2.

krometers an einem Spiegelteleskope von 2 Fuß den kleinsten Sonnendurchmesser 31′ 28″. Indessen nimmt de la Lande i) den größten Durchmesser 32′ 36″, und den kleinsten 31′ 31″ an, woraus der mittlere 32′ 3½″ gefunden wird, welchen de la Lande in den Tafeln selbst zu 31′ 57½″ annimmt.

Setzt man mit de la Lande die mittlere Sonnenparallaxe = 8,5 Sek. und den mittlern Sonnendurchmesser = 31′ 57½″ = 1917″,5, so wird das Verhältniß des Erddurchmessers zum Sonnendurchmesser = 17 : 1917,5 = 1 : 112,79, oder es ist der Sonne Durchmesser 112,79 mal größer als der der Erde. Betrachtet man nun die Sonne als eine Kugel, so läßt sich sehr leicht das Verhältniß ihrer Oberfläche und des körperlichen Raums gegen die Oberfläche und den Raum der Erde berechnen. Man findet nämlich die Sonne

an Oberfläche 12,723 mal und
an körperl. Raum 1,435,025 mal größer

als die Erde. Der Erddurchmesser enthält 1719 geographische Meilen, mithin wird der Sonnendurchmesser, welcher 112 mal größer ist, 193886 solcher Meilen betragen. In einem solchen ungeheuern Körper ließe sich also die Erdkugel an 112 mal in gerader Linie legen, und wenn der ganze körperliche Raum einer Kugel, deren größter Kreis die Mondbahn vorstellt, mitten in den körperlichen Raum der Sonne gestellt würde, so würde dieser von jenem nicht ausgefüllt, sondern es würde rings herum noch ein Raum für 25 Erdkugeln übrig bleiben.

Nachdem die Entfernung der Sonne von der Erde ziemlich genau bestimmt war, so konnte auch die Kraft,

i) Astronomie §. 1230.

Kraft, mit welcher die Sonnenmaſſe andere Körper in gewiſſen Entfernungen anzieht, viel genauer, als es Newton thun konnte, berechnet werden. De la Lande gab dieſe Kraft 365412 mal größer, als die Schwere der Erdkörper bey gleicher Entfernung vom Mittelpunkte, an, d. h. ein Körper, welcher auf unſerer Erde 1 Pfund wiegt, würde von der Sonne mit einer Kraft von 365412 Pfund getrieben werden, wenn er von dem Mittelpunkte der Sonne nicht weiter entfernt wäre, als er hier auf der Erde von dem Mittelpunkte derſelben entfernt iſt. Brächte man alſo einen ſolchen Körper auf die Oberfläche der Sonne, ſo würde er von ihrem Mittelpunkte etwa 112 mal weiter abſtehen, als er von dem Mittelpunkte unſerer Erde entfernt wäre. Vermöge des Geſetzes der Gravitation würde alſo ſeine Schwere gegen die Sonne im Verhältniſſe des Quadrats von 112 abnehmen d. h. 12544 mal geringer werden. Daraus folgt, daß die Schwere der Körper auf der Sonne $\frac{365412}{12544}$ oder etwa 29 mal größer, als auf unſerer Erde, ſeyn würde. Sie würden alſo in der erſten Sekunde durch $29 \times 15{,}0957$ d. i. etwa durch 434 Pariſ. Fuß fallen. Weil ſich ferner die Dichtigkeiten bey kugelförmigen Körpern wie die Maſſen dividirt durch die Würfel ihrer Durchmeſſer verhalten, ſo würde hieraus die Dichtigkeit der Sonne $\frac{365412}{1404928}$ d. i. etwa 0,25 mal geringer, als die Dichtigkeit der Erde, folgen. Dieß ſind Reſultate, welche ſchon viel genauer ſind, als Newton ſie hat angeben können.

Auch hatte nach Newtons Syſtem bereits Halley [k]) Sonnentafeln berechnet, welche mit dem wahren Laufe der Sonne weit mehr zuſammenſtimmten, als

k) Halley's richtige Sonnentabelle in den verbeſſert. ſtyl. curr. reducirt von Schuhmacher. Jena 1763.

als die älteren Tafeln, bey welchen auf keine gegenseitigen Einwirkungen der Planeten und der Erde in ihren verschiedenen Stellungen war Rücksicht genommen worden. Noch größere Genauigkeit erhielten diese Tafeln, nachdem man diese gegenseitigen Einwirkungen bestimmter zu entdecken und auf richtigere Formeln zurückzubringen suchte. So entstanden die Sonnentafeln des de la Caille [l]) und vorzüglich die von Tobias Mayer [m]).

Daß sich die Sonne um ihre Axe wälze, hatte bereits Cassini aus den Umständen der Umdrehung der Sonnenflecken am besten und natürlichsten gezeigt (Th. II. S. 519. ff.). Nachher sind noch mehrere Methoden, diese Umdrehung zu bestimmen, bekannt geworden. Eine der ersten lehrte Hausen [n]), durch Zeichnung aber de l'Isle [o]). Formeln zur Berechnung in der Voraussetzung, daß die Flecken von der Sonne etwas abstehen, giebt Joh. Albr. Euler [p]); in der Voraussetzung hingegen, daß sie auf der Fläche der Sonne sind, führen de Silvabelle [q]) und Käſtner [r]) Formeln an. Lambert [s]) hat wieder

l) Tabulae solares. Paris. 1748. und in Hells append. ad Ephemer. Vien. 1767.

m) Berliner Sammlung astronom. Tafeln. 1776. 8. B. I. S. 225. f.

n) Theoria motus solis circa proprium axem. Lipſ. 1726. 4.

o) Mémoir. pour servir à l'histoire et aux progrès de l'Astron. à St. Petersb. 1738. 4. p. 138. sqq.

p) Nov. comment. Petropol. T. XII. p. 273.

q) Mémoir. présentés à l'Acad. des scienc. T. IV.

r) Nov. comment. Goetting. T. I. 1770. p. 110.

s) Berliner Ephemeriden für 1780. Samml. S. 188.

wieder Verzeichnungen vorgeſchlagen. Ein ſchätzbarer Aufſatz über die Sonnenflecken iſt von de la Lande t), der ſo wohl ſeine eigene als anderer Beobachtungen und Methoden anführt, ſammlet, vergleicht und prüft. Aus Vergleichung mehrerer Beobachtungen ſetzt er die Knoten des Sonnenäquators nicht in den 10ten, ſondern in den 18ten Grad der Zwillinge und des Schützen, und giebt die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik 7° 20′, und die Zeit der Umwälzung, ſo gut ſie ſich aus den bisherigen Beobachtungen beſtimmen läßt, 25 Tage 10 Stunden an.

Weil die Ebene des Sonnenäquators die einzige bekannte iſt, deren Lage unveränderlich iſt, ganz allein durch die Umdrehung des Hauptkörpers beſtimmt wird, und von allen Beziehungen auf andere Körper frey iſt, ſo that der jüngere Caſſini u) den Vorſchlag, die Stellung der Planeten lieber auf den Sonnenäquator, als auf die Ekliptik, wie bisher geſchehen war, zu beziehen. Man hat aber gegen dieſen Vorſchlag eingewendet, daß die Ebene des Sonnenäquators durch feine, nicht gar zu leichte und ſichere Beobachtungen beſtimmt werden müſſe; mithin möchte es daher nicht ſo zuverläſſig ſeyn, die Planetenbahnen auf ihn zu beziehen, als auf die Ebene der Ekliptik, obgleich dieſe ſelbſt nur eine Planetenbahn ſey.

Ueber die Natur der Sonnenflecken und der Sonne ſelbſt ſind die Meynungen der Aſtronomen und Phyſiker in dieſem Zeitraume ebenfalls verſchieden geweſen. Hauſen muthmaßte, die Sonnenflecken könnten Stücke aus dem Innern der Sonne, das nicht glühe, ſeyn,

t) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1777.

u) Ibid. an. 1734.

seyn, welche durch eine Gewalt, wie ben uns die Vulkane darstellen, auf die Oberfläche der Sonne geworfen würden.

De la Lande bemerkt, wenn es frey bewegliche Körper wären, so möchte wohl ihre Bewegung nicht so regelmäßig seyn, daß man aus ihr die Umwälzung der Sonne um ihre Axe ableiten könnte; auch würde sie der Schwung, den diese Umwälzung verursache, anders treiben; er hält sie vielmehr mit de la Hire für Körper, die mit der Sonne wirklich verbunden sind.

Herrn Bode's Meynung ist folgende v). Die Sonne hält er für einen an sich dunkeln Körper, wie unsere Erde, der aus Wasser besteht, Berge und Thäler besitzt, und in einer Atmosphäre eingehüllt ist. Um diesen Körper befindet sich aber die Lichtmaterie im verdichtetsten Zustande, die um selbigen, wie die Luft um unsere Erde, ströhmt. Diese Lichtmaterie zieht sich zuweilen zurück, und verstattet uns die so entblößten dunkeln Theile ihrer Oberfläche zu beobachten. Sind diese entblößten Theile der Sonne so beschaffen, daß sie nur wenig Licht zurückwerfen, wie z. B. ein Meer, ein schattiges Thal, eine Vertiefung, so erblicken wir einen mehr oder weniger dunkeln Flecken; sind es solche, welche mehr Licht zurücksenden, z. B. sandichtes Erdreich, so sehen wir einen weißlichen Fleck oder eine Sonnenfackel. Die Nebel sind entweder wirklich hellere Theile auf der Sonnenfläche, welche den dunkeln Flecken der Mitte, der vielleicht eine Grube ist, umschließen, oder sie entstehen daher, daß der Lichtüberzug

v) Beschäftig. der Berliner Gesellsch. naturforschender Freunde. B. II. Berlin 1766. 8. S. 225. f.

zug um die Ränder der Oefnung ſehr dünn iſt, und die dunkeln Flecken durchſchimmern läßt.

Alexander Wilſon w) hält die Sonnenflecken für koniſche Gruben in der Sonnenfläche, und die Nebel für den Abhang um den obern Theil der Grube. Seinen Beobachtungen zu Folge zeigen die Flecken, wenn ſie mehr an den Sonnenrand kommen, an der äußerſten Seite eine Dunkelheit, die allmählig in Licht übergeht, an der innern aber iſt das Dunkele vom Hellen durch eine ſcharfe Linie begrenzt. Vollkommen ſo müſſen dunkele Vertiefungen auf einer hellen Kugel erſcheinen. Er ſieht alſo die Sonne als einen dunkeln Körper mit einem leuchtenden Ueberzuge an; die Oberfläche des Körpers beſitze eine Unebenheit, der leuchtende Ueberzug trenne ſich bisweilen, und laſſe ſolche Tiefen leer, fließe aber endlich darüber. Auch verſichert Kratzenſtein x), dieſes grubenähnliche Anſehen der Flecken ſchon ſeit 1769 wahrgenommen zu haben.

Die erſten Beobachter des von Dominicus Caſſini entdeckten Zodiakallichts vermutheten ſogleich, daß dies nichts weiter ſey, als die Atmoſphäre der Sonne. Der Herr von Mairan y) hat alles, was zur Beſchreibung und Erklärung dieſes Lichts gehört, mit vielem Scharfſinn ausgeführt. Er hält es ſeinem Geſichte nach für ſtärker und dichter, als das Licht der Milchſtraße, beynahe täglich gleichförmig, oftmals weniger glänzend, und gegen den Horizont zu gelblich oder

w) On the ſolar ſpots in Philoſ. Tranſact. Vol. LXIV. P. I. p. I.

x) Acta litter. univerſ. Hafnienſ. 1778. n. V.

y) Traité phyſ. et hiſtor. de l'aurore boreale in den Mémoir. de Paris an. 1731. und beſonders an. 1733. 4.

oder röthlich; dies letztere aber könne ohne Zweifel von Dünsten oder Nebeln nahe am Horizonte herrühren.

Nach allen von Mairan gemachten Beobachtungen und Untersuchungen ist nicht zu zweifeln, daß das Zodiakallicht eine entweder selbst leuchtende oder von der Sonne erleuchtete Atmosphäre sey, welche in Form eines sehr abgeplatteten linsenförmigen Sphäroids die Sonne so umgiebt, daß sie nach der Richtung der Axe der Sonnenumdrehung die geringste, und nach der Richtung des Sonnenäquators, welche mit der Ekliptik einen Winkel von $7\frac{1}{2}$ Graden macht, die größte Ausdehnung hat.

Wenn die Erdkugel nicht selbst in das Thierkreislicht eingesenkt ist, so müssen uns die Grenzen desselben täglich sichtbar werden, und wir müssen seinen westlichen Theil des Morgens vor Sonnenaufgang und den östlichen des Abends nach Sonnenuntergang in Gestalt eines zugespitzten Streifens (fuseau) erblicken. Allein oft ist die Lage des Thierkreises gegen den Horizont so flach, daß sich dies Phänomen ganz in der Dämmerung verliert. Dagegen macht um den Anfang des Märzes, wenn der Frühlingspunkt im Abendhorizonte steht, die Ekliptik mit dem Horizonte einen Winkel von $38\frac{2}{3} + 23\frac{1}{2}$, d. i. von mehr als 62 Graden, und weil wir zu eben der Zeit auch die kürzeste Dämmerung haben, so wird das Zodiakallicht, wenn die letztere aufhört, gegen Westen sichtbar, erhebt sich gegen die linke Hand in Gestalt einer schiefliegenden Pyramide, und geht durch die Sterne am Bande der Fische und den Kopf des Wallfisches, beym Widder vorbey bis an die Hyaden im Stier. Im Gegentheil ist die Erscheinung um diese Zeit des Morgens, da die Ekliptik gegen den Horizont eine sehr flache Lage hat, gar nicht zu erkennen.

Um die Mitte des Oktobers aber zeigt ſich das Zodiakallicht am beſten vor der Morgendämmerung, wenn der Herbſtpunct im öſtlichen Horizonte ſteht. Es geht alsdann gegen die rechte Hand ſchräg aufwärts durch den Löwen und Krebs bis an die Zwillinge, und iſt dagegen um dieſe Zeit des Abends nicht zu erkennen.

In den Ländern der heißen Zone machen Aequator und Ekliptik mit dem Horizonte immer ſo große Winkel, und die Dämmerungen ſind ſo kurz, daß das Zodiakallicht faſt das ganze Jahr hindurch Morgens und Abends ſichtbar iſt, wenn es nicht das Licht des Mondes und die trübe Luft verhindern. Zuweilen ſieht man es ſenkrecht auf den Horizont, und ſehr lebhaft, wie es auch de la Caille auf ſeiner Reiſe nach Afrika wahrgenommen hat.

Uebrigens iſt der Herr von Mairan der Meynung, daß die Materie dieſes Lichts eine von dem ätheriſchen Mittel verſchiedene Materie ſey; ſie müſſe aber ſehr fein ſeyn, die Sonne überall, vornämlich aber wegen ihrer ſchnellen Axenumdrehung bis auf einer großen Weite längſt der Fläche ihres Aequators hinaus, umgeben, entweder ihr eigenes Licht haben, oder von der Sonne ſtark erleuchtet werden.

Mond.

Bisher war noch niemand auf den Gedanken gekommen, daß vielleicht der Mond nicht um die Erde, ſondern vielmehr dieſe um jenen laufe. Dies letztere hatte wirklich ein gewiſſer Benediktiner, Jakob Alexander [a]), zur Erklärung der Ebbe und Fluth behauptet.

a) Diſſ. ſur les cauſes de flux et reflux de la Mer. à Bourdeaux. 1726.

tet. Es ist zwar nicht zu läugnen, daß nach dieser letzten Voraussetzung dieselben Erscheinungen erfolgen würden; allein der Herr von Mairan [a]) hat diesen seltsamen Gedanken umständlich widerlegt, und gezeigt, daß es aller Analogie zuwider laufen würde, wenn man den Mond für den Hauptkörper, und die weit größere Erde für seinen Nebenplaneten annehmen wollte.

Um auch die Entfernung des Mondes von der Erde so genau als möglich zu erhalten, haben die neuern Astronomen sich bemühet, die Methoden, die Parallaxen zu finden, zu verbessern, und genauer übereinstimmende Beobachtungen anzustellen. Godin [b]) hatte die größte Horizontalparallaxe $60' 35''$ und die kleinste $57' 56\frac{1}{2}''$ gefunden. Nachher sind von einigen Astronomen andere hievon etwas abweichende Resultate aus ihren Beobachtungen und Rechnungen gefolgert worden. Da es aber hiebey vorzüglich auch darauf ankam, übereinstimmende Beobachtungen anzustellen, so wurden endlich im Jahre 1751. dergleichen von de la Caille auf dem Vorgebürge der guten Hofnung und von de la Lande zu Berlin gemacht [c]), woraus sich die größt möglichste Horizontalparallaxe des Mondes $61' 32''$, die kleinste $54' 2''$ gefunden hat. Daraus ergiebt sich nun die größte Entfernung des Mondes von der Erde 63,62, die kleinste 55,87 Erdhalbmesser, daß man also die mittlere Entfernung etwa auf 60 Erdhalbmesser oder 30 Erddurchmesser setzen kann. Da diese Bestimmung der Parallaxe bis auf $2''$ gewiß

aus

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1727.

b) Ibid. an. 1732.

c) Mém. sur la parallaxe de la lune ebendas. an. 1752. 1753. 1756.

angenommen werden kann, welches von der ganzen mittlern Parallaxe etwa $\frac{1}{1800}$ ausmacht, so kann man die daraus gefundene Entfernung des Mondes bis auf $\frac{1}{1800}$ d. i. bis auf 29 Meilen für zuverlässig halten.

Aus dieser Bestimmung läßt sich nun auch sehr leicht die Größe des Mondes nebst der Schwere auf ihm ziemlich genau angeben. Der scheinbare Durchmesser des Mondes beträgt nämlich im Mittel genommen in der Erdferne 29′ 32″, und in der Erdnähe 32′ 58″. In der letztern ist nun seine Horizontalaxe 1° 0′ 29″ d. h. der Halbmesser der Erde wird aus dem Monde unter einem Winkel von 1° 0′ 29″, mithin ihr Durchmesser unter 2° 0′ 58″ gesehen. Da sich für einerley Augenblick die scheinbaren Durchmesser, der Erde aus dem Monde, und des Mondes aus der Erde gesehen, wie die wahren Durchmesser verhalten müssen, so findet man die letztern im Verhältnisse 2° 0′ 58″ : 32′ 58″ = 7258″ : 1978″ = 1 : 0,2726 oder = 11 : 3; folglich ist der wahre Durchmesser des Mondes = 0,2726 oder $\frac{3}{11}$ des Erddurchmessers, und die Erde ist

im Durchmesser $3\frac{1}{2}$ mal
an Oberfläche 14 mal
an körperlichen Raum 50 mal

größer, als der Mond. Würde also der Erddurchmesser = 1719 geographische Meilen gesetzt, so würde der Durchmesser des Mondes 468,6 solcher Meilen betragen.

Um die Schwere der Körper gegen den Mond und die Dichtigkeit desselben zu finden, hatte Newton angenommen, daß sich die anziehende Kraft des Mondes zu der der Sonne gegen unsere Erde wie $4\frac{1}{2}$: 1 verhalte.

(Th. II. S. 530.). Johann Bernoulli bestimmte aber diese Kraft genauer $= 2\frac{1}{2} : 1$. Da sich nun die perturbirenden Kräfte dieser beyden Körper, in schiefen Richtungen zerlegt, verkehrt, wie die Würfel ihrer Entfernungen verhalten, so würde die Anziehung des Meerwassers gegen den Mond, wenn dieser an der Stelle der Sonne stände, nur $\frac{2\frac{1}{2}}{400^3}$ oder $\frac{1}{25600000}$ von der Gravitation gegen die Sonne seyn. Da nun die Erdmasse nach de la Lande's Bestimmung nur 365412 mal weniger beträgt, als die Sonnenmasse, so scheint die Sonne 70 bis 71 mal mehr Masse zu haben, als der Mond. Hiernach würde also die Dichtigkeit des Mondes $\frac{1}{71} : \frac{1}{50}$ oder $\frac{50}{71} = \frac{7}{10}$ von der Dichtigkeit der Erde seyn, und die schweren Körper fielen auf seiner Oberfläche in einer Sekunde durch $\frac{15}{71} : (\frac{3}{11})^2$ $= 2{,}83$ Fuß.

Der Mond, das nächste Gestirn der Erde, hat die Astronomen von jeher außerordentlich beschäftigt, ohne seinen Lauf nur erträglich bestimmen zu können. Durch Newton's System endlich hat man denselben mit glücklichem Erfolge entwickelt, und von allen seinen Ungleichheiten Rechenschaft geben können. Newton selbst hatte zwar schon die beträchtlichsten Ungleichheiten des Mondlaufs aus der starken Gravitation des Mondes gegen die Sonne bey seinen verschiedenen Stellungen gegen dieselbe und gegen die Erde glücklich erklärt; allein hiebey kam es auf die berühmte Aufgabe von dreyen Körpern an, welche Newton noch nicht auflösen konnte, indem sie die Kenntniß der feinsten Analyse voraussetzt, um dabey alle Stücke abzusondern, deren Einfluß merklich ist, die aber zu Newton's Zeiten noch nicht so weit entwickelt war. Eu-

ler, Clairaut und d'Alembert waren die erſten, welche die Aufgabe von drey Körpern beynahe zu gleicher Zeit auflöſeten, deren zahlreiche Abhandlungen darüber ſich in den Schriften der Pariſer, Berliner und Petersburger Akademieen befinden. Bey dieſem Problem wird die Gravitation des geſtörten Körpers gegen den ſtörenden, wenn beyder Entfernung $= \delta$, des ſtörenden Maſſe $= \mu$ geſetzt wird, durch $\frac{\mu}{\delta^2}$ ausgedruckt, und nach zwey Richtungen zerlegt, deren eine dem Radius Vektor des ſtörenden, die andere dem des geſtörten Körpers parallel iſt. Vom erſten Theile zieht man zuförderſt die Gravitation des Mittelpunkts der Kräfte gegen den ſtörenden Körper ab, weil gleiche und parallele Gravitationen ſich nicht ſtören, und die Perturbation nur mit dem Unterſchiede beyder erfolgt. Dieſer Unterſchied wird wieder nach zwey Richtungen zerlegt, deren eine dem Radius Vektor des geſtörten Körpers parallel, die andere auf ihn ſenkrecht iſt. Der erſte Theil mit dem zweyten Theile der erſten Zerlegung verbunden, giebt die ganze perturbirende Kraft nach der Richtung des Radius Vektor, der letztere Theil die nach der ſenkrechten Richtung, wovon jene die Centralkraft ändert, dieſe hauptſächlich auf die Geſchwindigkeit wirkt. Dieſe Zerlegungen zeigen auch, daß ſich die perturbirende Kraft nach dem Radius Vektor umgekehrt wie der Würfel der Entfernungen beyder Körper verhalte.

Es iſt aber nicht hinreichend, dieſe perturbirenden Kräfte nur für einen gewiſſen Zeitpunkt zu kennen; man muß auch wiſſen, wie viel durch ſie, nachdem ſie in einer unendlichen Menge ſolcher Zeitpunkte d. i. eine gegebene Zeit hindurch, gewirkt und ſich dabey beſtän-

dig

dig verändert haben, Aenderung in der Ebene und Gestalt der Bahn und in der Geschwindigkeit des gestörten Körpers hervorgebracht worden sey; und noch mehr, man muß alles dieses, wie es die Einrichtung der astronomischen Tafeln erfordert, in Minuten und Sekunden ausdrucken können.

Die ersten Bemühungen der Herren Clairaut, Euler und d'Alembert zeigten aber sogleich, daß diese Auflösungen der Aufgabe von drey Körpern den Beobachtungen kein völliges Genüge leisten. Denn sie fanden insgesammt die Bewegung der Erdnähe des Mondes um die Hälfte kleiner, als nach den Beobachtungen. Clairaut glaubte daher, wie bereits oben (S. 24.) angezeigt ist, daß das allgemeine Gesetz der Gravitation aus zweyen Theilen zusammengesetzt sey. Büffon griff Cläiraut's Folgerungen mit Recht an, und letzterer mußte endlich selbst gestehen, daß die Auflösungen nur als Näherungen brauchbar sind, und daß, wenn man diese Näherung weiter treibe, das Gesetz der im verkehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernungen stehenden Schwere die Bewegung der Erdnähe des Mondes genau übereinstimmend mit den Beobachtungen gebe. Hiezu waren aber noch eigene Methoden für den Mond nöthig, dessen Ungleichheiten wegen seiner Nähe so sehr bemerkbar sind. Die Auflösungen der Aufgabe von drey Körpern hatten Gelegenheit gegeben, die damals bekannten Ungleichheiten des Mondes in Formeln zu bringen, und selbst noch andere Ungleichheiten im Mondlaufe zu entdecken, welche ohne Anwendung der Analyse zu erfinden unmöglich gewesen wäre. Euler [d]) insbesondere hatte die Ausdrücke

d) Opuscula var. argum. Berol. 1746. 4. Theoria motus lunae. Petrop. 1753. 4.

drücke der Ungleichheiten des Mondlaufs auf die geſchmeidigſten analytiſchen Formeln gebracht, und darnach Mondstafeln berechnet.

Außer den drey Ungleichheiten, der Erektion, Variation und Jahresgleichung, welche ſchon den Alten bekannt waren, hatte Halley zuerſt eine andre, die ſeculäre Gleichung, bemerkt, welche Tobias Mayer [e]) und R. Dunthorne [f]) durch eine mühſame und genaue Vergleichung der neuern Beobachtungen mit den alten beſtätigten. Dieſe beyden ſcharfſinnigen Aſtronomen ſahen wohl ein, daß den neuern Beobachtungen und den durch die Chaldäer und Araber beobachteten Finſterniſſen nicht einerley mittlere Bewegung des Mondes Genüge thun könnte. Sie verſuchten ſie alſo darzuſtellen, indem ſie zu den mittleren Längen des Mondes eine dem Quadrate der Zahl der vor oder nach 1700 verfloſſenen Jahrhunderte proportionirte Größe hinzuſetzten. Nach Dunthorne beträgt dieſe Größe 11″ 7‴ für das erſte Jahrhundert; Mayer ſetzte ſie in ſeinen erſten Mondstafeln auf 7″ 52‴, und vermehrte ſie in den letzten bis auf 10″. Endlich wurde de la Lande durch eine neue Unterſuchung dieſes Gegenſtandes ſehr nahe auf Dunthorne's Reſultat geführt.

Die arabiſchen Beobachtungen, von welchen hauptſächlich hiebey Gebrauch gemacht wurde, ſind zwey Sonnenfinſterniſſe, und eine Mondfinſterniß, die in den Jahren 977, 978 und 979 von Ibn Junes bey Cairo beobachtet wurden; dieſe ſchienen einigen Aſtronomen verdächtig, aber bey genauerer Unterſuchung

e) Commentar. ſociet. Goetting. Tom. II. Goett. 1753. 4. p. 388 ſqq.

f) Philoſ. Tranſact. Num. 492.

chung wurde ihre Wirklichkeit erkannt. Außerdem waren die neuern Beobachtungen schon zureichend, um das Daseyn der seculären Mondsgleichung festzusetzen. Hieraus ergab sich nun unläugbar, daß die Mondsbewegung seit den Zeiten der Chaldäer beschleunigt worden war.

Was nun die Ursache dieser Erscheinung betrifft, so haben sich die Astronomen dieses Zeitraumes sehr damit beschäftigt. Da die bisherigen Ungleichheiten des Mondlaufs so schön aus Newton's Theorie abgeleitet werden konnten, so war es natürlich, auch darauf zu verfallen, ob nicht ebenfalls die allgemeine Schwere auf gleiche Art von der sekulären Ungleichheit des Mondes Rechenschaft gebe. Dieß letztere würde natürlich um so viel wichtiger seyn, weil man, wenn man dazu gelangte, eben damit das Gesetz der seculären Veränderungen der Mondsbewegung haben würde. Denn ohne Zweifel sieht man, daß die von den Astronomen angenommene Hypothese einer der Zeit proportionirten Beschleunigung bloß eine Näherung giebt, und nicht auf eine unbegrenzte Zeit ausgedehnt werden darf. Allein in diesem Zeitraume sind die Bemühungen aller Geometer, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, fruchtlos gewesen. Alle ihre Untersuchungen haben weder in der Wirkung der Sonne und der Planeten auf den Mond, noch in den nicht genau kugelförmigen Gestalten des Mondes und der Erde etwas entdeckt, daß seine mittlere Bewegung merklich ändern könnte. Daher verwarfen einige seine sekuläre Gleichung; andere nahmen, um sie zu erklären, zu verschiedenen Mitteln ihre Zuflucht, dergleichen die Wirkung der Kometen, der Widerstand des Aethers und die allmähliche Fortpflanzung der Schwe-

re sind. Bossut, welcher in der oben angeführten Preisschrift diese Veränderung in der mittleren Bewegung des Mondes bloß dem Widerstande des Aethers zuschrieb, gab nach dieser Voraussetzung eine seculäre Gleichung.

Inzwischen hatte der berühmte Göttingische Astronom, Tobias Mayer, welcher eben durch seine mühsamen Untersuchungen die angeführte seculäre Ungleichheit außer allem Zweifel gesetzt hatte, seine vortrefflichen Mondstafeln nach der Newton'schen Theorie mit Hülfe vieler theils von andern theils von ihm selbst angestellten Beobachtungen berechnet, nach welchen man durch 13 verschiedene Reduktionen oder Gleichungen den wahren Ort des Mondes für jeden Zeitpunkt bis auf eine Minute richtig bestimmen kann. Diese Tafeln erscheinen zuerst im Jahr 1753 im zweyten Bande der Göttingischen Commentarien, und wurden in England durch Bradley und Morris geprüft; nachdem sie daselbst bewährt befunden waren, bekam Mayers Wittwe einen Theil des Preises, welcher auf die Erfindung der Länge zur See gesetzt war. Die Methode, nach welcher Mayer diese Tafeln berechnet hat, ist zwar nach England gesandt, aber nicht öffentlich bekannt worden. Lambert [g]) hat darüber scharfsinnige Untersuchungen angestellt. Diese Mondstafeln sind auch von de la lande [h]), und P. Hell [i]) herausgegeben worden. Tobias Mayer hatte sie nach

g) Zergliederung und Anwendung der Mayerschen Mondstafeln in den Beytr. zum Gebr. der Mathem. B. II. Berlin 1770. Num. XII.

h) Connoiss. des mouvem. coelest. 1761.

i) Tabulae lunares *Tob. Mayeri.* Vindob. 1763. 8. juxta edit. Lond. 1770. Vindob. 1771.

nach der Zeit etwas verbessert, und nach seinem Tode schickte die Wittwe diese verbesserten Tabellen nach London, wo sie im Jahr 1767 öffentlich erschienen sind [k]). In diesem Zustande befinden sie sich auch beym P. Hell, und in der Berliner Sammlung astronomischer Tafeln [l]).

Wolff und einige andere hatten die Aehnlichkeit des Mondes mit unserer Erde so weit getrieben, daß sie glaubten, es sey alles im Monde eben so wie auf der Erde angeordnet, Berge, Thäler, Gewässer, Winde, Wolken, Nebel, Regen, Thau u. s. w. so wie Menschen und Thiere von ähnlicher Beschaffenheit, wie auf der Erde. Dagegen bemerkt aber Cassini [m]) weit richtiger, daß vermuthlich selbst die Grundstoffe, woraus der Mond bestehe, von denjenigen verschieden sind, aus welchen die Erde gebildet sey.

Mit den Fortschritten in der Sternkunde hielt es Tobias Mayer [n]) für nöthig, auf vollkommnere Abbildungen der Mondflecken zu denken. Aus der Umwälzung des Mondes um seine Axe bekommt derselbe einen Aequator, Pole und Meridiane, welche sich, von der Erde aus gesehen, orthographisch auf eine durch den Mittelpunkt des Monds gelegte Ebene projiciren lassen, und auf welcher man, wenn der scheinbare Ort eines Flecken durch Micrometer genau bestimmt ist, die selenographische Länge und Breite desselben angeben, und

k) Theoria lunae juxta systema newtonianum, edita jussu praefectoraei longitudinariae, item tabulae lunares. Lond. 1767. 4.

l) B. II. S. 1. u. f.

m) Elemens de l'Astron. p. 255.

n) Kosmograph. Nachricht. und Samml. 1748. IV. Abh.

und ſeinen wahren Ort auf der Mondkugel beſtimmen kann. Dieſe Beſtimmungen vollkommen zu machen, und Mondkugeln nach ſelbigen zu verfertigen, war Mayers Plan o). Was er hiezu verfertigt hatte, iſt von der Regierung zu Hannover für das Göttingiſche Obſervatorium gekauft worden, und Lichtenberg p) hat daraus eine ſchöne von Kaltenhofer geſtochene Mondkarte mit einem Verzeichniſſe von den Längen und Breiten der vornehmſten Flecken herausgegeben.

Ob der Mond eine Atmoſphäre beſitze, darüber iſt auch in dieſem Zeitraume noch geſtritten worden. Huygens hatte gegen das Daſeyn der Mondatmoſphäre eingewendet, daß man die Oberfläche des Mondes nie mit Wolken, wie bey unſerer Erde, bedeckt ſehe, und daß bey den Bedeckungen der Sterne durch den Mond keine Strahlenbrechung wahrgenommen werde, welche doch erfolgen müſſe, wenn der Mond wirklich eine Atmoſphäre beſäße. Hierauf antwortet aber der Herr von Mairan q): es gebe auf unſerer Erde Länder, z. B. Peru und große Striche in Afrika, wo es nie regne, und der Himmel ſtets heiter ſey. Würde nun nicht ein Beobachter im Monde mit Grunde ſchließen, daß die Erde an dieſen Stellen keine Atmoſphäre beſitze? Die großen dunkeln Flecken, welche man mittelſt des Fernrohrs auf der Mondſcheibe ſähe, könnten, wie man nach Galileus geglaubt habe, Meere, oder auch Wälder ſeyn, wie einige ſeit Huygens vermuthet hätten. Wäre das erſte, ſo müß-

o) Bericht von den Mondskugeln. Nürnb. 1750. 4.

p) *Tob. Mayeri* opera inedita. Vol. I. Goetting. 1773. 4.

q) Traité phyſique et hiſtor. de l'aurore boreale. ſect. V. queſt. XIV.

müßten nothwendig Dünste aufsteigen, die sich mit Luft vermischen, und sehr bald eine kleine Atmosphäre um den Mond bilden würden; wenn aber kein Wasser im Monde sey, so sey es leicht begreiflich, daß auch keine Wolken da seyen, zumal da der 14tägige Sonnenschein die aus der Mondkugel aufgestiegenen Dünste gar sehr verdünnen müsse. Wenn man ferner die Mondatmosphäre in Vergleichung mit dem Monde so groß setze, als der Luftkreis in Vergleichung mit der Erde ist, so gehe ein Stern durch den strahlenbrechenden Theil derselben in einer Sekunde hindurch, welche Zeit zu kurz sey, um die Wirkungen der Refraktion zu bemerken; man habe auch manchmal Sterne noch vor dem Augenblicke ihrer Verschwindung an den Mondrand treten gesehen.

Einen andern Beweis für das Daseyn einer Mondatmosphäre nahm Euler r) aus der im Jahre 1748 sich ereignenden Sonnenfinsterniß. Er wollte nämlich den Durchmesser des Mondes zu Anfange und gegen das Ende der Finsterniß kleiner, bey der größten Verfinsterung aber größer gesehen haben. Diese Erscheinung konnte sich Euler nicht anders erklären, als wenn er dem Monde eine Atmosphäre zuschrieb, welche aber 200mal dünner, als die unsrige, seyn müsse. Man könne daraus folgern, daß von der Oberfläche des Mondes entweder ganz und gar keine Dünste aufstiegen, oder daß die Materie des Mondes so fest und trocken sey, daß sie gar keiner Ausdünstung unterworfen wäre. Ueberdieß hätten auch die Astronomen durch sehr lange Fernröhre wahrgenommen, daß die dunkeln Flecken

r) Sur l'atmosphère de la lune prouvée par la dernière eclypse annulaire du soleil. in den Mém. de l'Acad. de Berlin 1748. p. 103.

Flecken im Monde, welche man gewöhnlich für Meere oder Seen halte, vielmehr trockene sandigte Gegenden, Hölen, oder Wälder, als feuchte Stellen, seyn müßten.

Dagegen wollte aber Tobias Mayer [s]), welcher dieselbe Sonnenfinsterniß in Nürnberg mit der größten Genauigkeit beobachtete, nichts von einer solchen Erscheinung am Monde wahrgenommen haben. Er hat vielmehr einen Beweis zu geben gesucht, daß der Mond keine Atmosphäre besitze; dergleichen auch Grandjean du Fouchy [t]) unternommen hat.

Blanchini [u]) und Carbone [x]) haben aus dem Lichtstrahle, den sie in der dunkeln Höle des Plato wahrnahmen, auf eine Atmosphäre des Mondes geschlossen. Auch Boscowich [y]) behauptet um den Mond eine dünne flüssige Materie durchaus von gleicher Dichtigkeit.

Uebrigens haben einige Astronomen aus der Erscheinung, da nämlich Planeten und Fixsterne, wenn sie nahe an den Mondsrand rucken, farbicht erscheinen, auch in ihrer runden Gestalt geändert werden, auf eine Atmosphäre des Mondes geschlossen, andere haben sie aber anders erklärt (Th. II. S. 537. ff.). Tobias Mayer fügt hiezu noch die Bemerkung, daß man die Erfahrungen nur ohne Vorurtheil anstellen und

s) Kosmograph. Nachricht. und Sammlung. auf das Jahr 1748. Nürnb. 1750. 4. S. 397.

t) Philos. Transact. n. 455. art. 3.

u) Hesperi et Phosphori nova phaenomena. fol. pag. 5.

x) Philos. Transact. n. 396. art. 5.

y) De lunae atmosphaera. Vien. 1766.

und Acht haben solle, das Fernrohr mit der nöthigen Behutsamkeit zu gebrauchen, vielleicht unterließen die Planeten und Fixsterne, sich nicht in ihrer gehörigen Gestalt dem Monde zu nähern.

Es blieb also auch in diesem Zeitraume zweifelhaft, ob der Mond eine Atmosphäre besitze. Indessen wurde doch hieben wenigstens so viel ausgemacht, daß der Mond in Absicht auf Luft und Luftbegebenheiten unserer Erde so ähnlich nicht ist, als einige behauptet hatten.

Planeten.

Im Jahre 1726 hatte Blanchinus in Italien die Venus beobachtet, und aus der Bewegung ihrer Flecken auf eine Umwälzung um ihre Axe binnen 24 Tagen 8 Stunden geschlossen, da sie Domin. Cassini vorher gegen 24 Stunden gesetzt hatte. Der jüngere Cassini [z]) suchte seines Vaters Meynung gegen Blanchinus zu vertheidigen. Er erinnert, daß die Flecken, aus welchen letzterer die Umwälzung in 24 Tagen 8 Stunden gefolgert hat, verschiedene gewesen seyn möchten, und daß sich unter dieser Voraussetzung Blanchini's Beobachtungen mit einer Periode von 23 Stunden 22 Minuten vergleichen liessen. Die Kaiserl. Petersburg. Akademie der Wissenschaften hatte zweymal einen Preis darauf gesetzt, die Bewegung der Planeten um ihre Axen, besonders der Venus, durch Beobachtungen zu bestimmen. Allein sie hat keine Abhandlung, selbst aus Italien nicht, erhalten. Diese Ungewißheit in der Umwälzungszeit der Venus um ihre Axe hat beynahe ein ganzes Jahrhundert gedauert, inzwischen sind doch die Astronomen mehr geneigt gewesen, Cassini's Bestimmung anzuneh-

z) Elemens de l'Astron. Liv. I. chap. 7.

zunehmen. Kästner [a]) setzt den Grund dieser Ungewißheit vorzüglich darin, daß eine besondere Heiterkeit der Luft dazu gehöre, die Venus gehörig begrenzt zu sehen, und daß man dieselbe immer nur kurze Zeit nach Untergange oder vor Aufgange der Sonne, nie sehr hoch über dem Horizonte, wahrnehmen könne.

Gregory hatte behauptet, daß die Venus einen Mond zum Begleiter habe. Um diese merkwürdige Erscheinung weiter zu verfolgen, ob sie auch wirklich ihre Richtigkeit habe, sind mehrere Astronomen dieses Zeitraumes bemüht gewesen, Beobachtungen an der Venus anzustellen. Der Herr von Mairan [b]) bemerkt, daß seit 1672, da Cassini einen Venusmond wahrgenommen haben wollte, in einem Zeitraume von 54 Jahren kein einziger Astronom etwas davon wollte gesehen haben. Turner hatte aber an Coste in einem Briefe berichtet, daß Short den 3ten Novemb. 1740 in England mittelst eines reflectirenden Teleskops einen kleinen Stern bey der Venus in der Entfernung von 10 Minuten 20 Sekunden beobachtet habe. Der Himmel sey damals sehr heiter und die Venus ungemein deutlich gewesen; ja er habe sogar das Vergnügen gehabt, diesen kleinen Stern in der nämlichen Phase, wie die Venus, zu sehen; sein Durchmesser soll ein wenig geringer als $\frac{1}{3}$ des Durchmessers der Venus, und sein Licht weniger lebhaft, aber wohl begrenzt, gewesen seyn. Diesen vermeinten Venusmond beobachtete Short eine ganze Stunde hindurch, bis es die Morgendämmerung unmöglich machte, ihn weiter zu verfolgen [c]).

Inzwis

a) Anfangsgründe der angewandten Mathemat. Astronomie. §. 196.
b) Hist. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1741.
c) Philos. Transact. n. 459.

Inzwischen hatte Johann Phil. Baratier in einem Briefe an Adelburner berichtet [d]), daß er am 22ten April 1735 zu Potsdam durch ein Fernrohr von 7 Fuß die Venus zwischen 2 runden Flecken bloß wie Wölkchen, die von der Sonne erleuchtet werden, gesehen habe. Ohne zu entscheiden, was es sey, (ob gar nur in unserer Atmosphäre?) versichert er nur: es sey kein Betrug der Augen gewesen. Den andern Tag bey nicht so heiterm Wetter habe er die Venus von $8\frac{1}{2}$ Uhr bis zum Untergange verfolgt, aber nichts dergleichen wahrgenommen.

Als im Jahre 1761 die merkwürdige Himmelsbegebenheit, der Durchgang der Venus durch die Sonne, vorfiel, so ist es wohl natürlich, zu denken, daß die Astronomen auf die Erscheinung eines vermeinten Venusmondes sehr neugierig waren. Auch wollte Montaigne [e]) in Frankreich ihn den 3, 4, 7 und 11 May wirklich gesehen haben. Andere Astronomen hatten aber nichts dergleichen beobachtet. Der Ritter Wargertin [f]) stellte zu eben der Zeit, wie Montaigne, Beobachtungen an der Venus an, ohne einen Mond bey ihr zu sehen, und wundert sich, daß dieser Mond ganzer 90 Jahre über, so mancher fleißiger Astronomen Untersuchungen ungeachtet, nicht mehr als

d) *Adelburneri* commerc. litter. astronom. Norimb. 1735. n. 14.

e) Abhandlung von der Entdeckung eines Trabanten der Venus in der königl. Akad. der Wissensch. zu Paris vorgelesen von Herrn Baudouin ꝛc. aus dem Franz. mit Anmerk. übers. von Renard. Berlin 1761.

f) Abhandl. der schwed. Akad. der Wissensch. 1761. der Uebers. S. 178.

als dreymal ſey gefunden worden, und daß man ihn da gleichſam nur in Eil geſehen habe, auch daß ihn Montaigne dieſen Tag mit einem gewöhnlichen Sternrohre von 9 Fuß wahrgenommen, da doch er, und vermuthlich mehrere, die Venus im May ſehr oft mit größern Fernröhren betrachtet hätten, ohne einen Trabanten bey ihr zu finden.

Der P. Hell [g]) zeigt, daß ſich bey Betrachtung eines ſo glänzenden Planeten, wie die Venus, ein Bild von ihm auf der Pupille entwerfe, welches ſie wie ein erhabener Spiegel nach dem ihr nächſten Augenglaſe ſende, und von demſelben wiederum, wie von einem Spiegel, zurückbekomme und daher ſehr leicht für einen Venusmond angeſehen werden könne.

Der Herr von Mairan [h]) iſt ganz für die Meynung, daß es einen Begleiter der Venus gebe, eingenommen. Die Urſache ſeiner ſo ſeltenen Erſcheinung ſchreibt er der Sonnenatmoſphäre zu, in welcher ſich Planet und Begleiter meiſt befänden, und worin letzterer durch den Glanz verdunkelt werde.

Uebrigens glaubte der Ritter Wargertin beym Durchgange der Venus durch die Sonnenſcheibe im Jahr 1761 eine Atmoſphäre um die Venus entdeckt zu haben; denn, ſagt er, der lichte Ring, mit welchem ſie umgeben war, und einige andere Umſtände, ſcheinen ſich nicht leicht auf eine andere Art erklären zu laſſen. Man ſollte ſonſt wegen ihres klaren und heitern Glanzes geneigt ſeyn, weniger ihr, als andern Plas

g) Ephemerides Vienn. 1766. in Append.

h) Mémoir. lu à l'Acad. roy. des ſcienc. le 8 Mai 1762. ſur le ſatellite vu, ou préſumé autour de la planete de Venus, et ſur la cauſe de ſes courtes apparitions et de ſes longues diſparitions. in Mém. de Paris an. 1762.

Planeten, eine Luft zuzuschreiben, wenn sie aber dergleichen habe, so sey nicht sehr daran zu zweifeln, daß auch die übrigen von Luft umgeben wären. So werde die große Aehnlichkeit zwischen den Planeten, den wir bewohnen, und den andern immer mehr und mehr bestätigt.

Die wunderbare Erscheinung des Saturnusringes hat in Ansehung der Entstehung zu verschiedenen Muthmaßungen Veranlassung gegeben. Einige von diesen sind bereits in den vorigen Theilen angeführt worden. Der Herr von Maupertuis [i]) suchte die Entstehung des Saturnusringes auf folgende Art begreiflich zu machen. Es könnte ein Komet, welcher, nachdem er sich von der Sonnennähe an wieder entferne und eine sehr große Menge Dämpfe oder Ausdünstungen um sich her verbreitet habe, nahe vor dem Saturn vorbey gegangen seyn, welcher wegen seiner großen Masse diese Dämpfe an sich gerissen, durch seinen Umschwung um die Axe fortgeschleudert, und sie zu einem Ringe gebildet habe. Ja Maupertuis stellt sich sogar vor, daß Saturn dem vorbeygehenden Kometen seine Trabanten geraubt haben soll.

Kant [k]) hat sich über die Entstehung des Saturnusringes folgende Vorstellungen gemacht. Er setzt voraus, daß Saturn, so wie alle andere Planeten, anfänglich ein Komet gewesen sey, der sich um seine Axe drehe. Nachdem nun seine Laufbahn sich mehr

i) Sur les differ. figures des astres. chap. VIII.

k) Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach den Newtonschen Grundsätzen abgehandelt. Königsb. u. Leipz. 1755. 8.

mehr dem Kreise näherte, so verlor der neue Planet allmählich seine Wärme, weil er der Sonne nicht mehr so nahe kam; diejenigen Theile, welche den Schweif gebildet hatten, wurden verdichtet, und fielen gegen den Planeten zurück. Die vom Aequator entfernten Theile wurden bey der Umdrehung um die Axe nach den Gesetzen der Centralbewegung gegen die Ebene des Aequators getrieben, kamen daselbst von beyden Seiten zusammen, und vereinigten sich in eine Masse. Diejenigen Theile hingegen, welche vor ihrer Vereinigung dem Körper des Planeten selbst nahe kamen, hatten durch die Umdrehungsbewegung nicht genug Schwung erhalten, um der Gravitation ganz widerstehen zu können; sie fielen also auf den Planeten selbst herab, und ließen in der Nähe desselben einen leeren Raum zurück, daher der Ring mit dem Körper selbst nicht zusammenhängt. Dieser Ring mußte nun um den Saturn mit einer Geschwindigkeit umlaufen, welche sich im verkehrten Verhältnisse der Entfernung seines innern Randes von dem Mittelpunkte des Planeten befand. Die verschiedenen Streifen, welche man auf der Fläche des Ringes bemerkt hat, zeigen, daß es mehrere concentrische Ringe giebt, welche den Keplerschen Regeln gemäß verschiedene Umlaufszeiten besitzen, indem sich der äußere langsamer, als der innere, umdrehen muß. Endlich könnte bey den übrigen Planeten ein ähnlicher Ring deßwegen nicht entstehen, weil die Höhe, in welcher die Theile gegen den Planeten zu fallen aufhören und mit der erlangten Geschwindigkeit vermöge des Kepler'schen Gesetzes ihren Umlauf machen, bey allen übrigen Planeten viel zu groß ist, als daß so viele Theile, als zur Bildung des Ringes erforderlich sind, diese Höhe hätten erreichen können. Es muß sich nämlich der Halbmesser des Ringes zum

Halb-

Halbmesser des Planeten, wie die Gravitation zur Schwerkraft verhalten; hätte also z. B. die Erde einen Ring erhalten sollen, so hätte dieser 288 Erdhalbmesser d. i. über $4\frac{1}{2}$mal weiter, als der Mond, abstehen müssen. In dieser Höhe über der Erde waren nicht Theile genug vorhanden, um einen Ring bilden zu können.

Aus dieser seiner Hypothese glaubt Kant, auf die Umwälzung des Saturns um seine Axe selbst schließen zu können, indem er voraussetzte, daß die Geschwindigkeit im Innern des Ringes der Geschwindigkeit im Aequator des Planeten gleich sey. Und hiernach fand Kant die Zeit der Umwälzung des Saturns um seine Axe 6 Stunden 23 Minuten 53 Sekunden.

Um die gegenseitigen Stellungen der Saturnustrabanten für eine jede gegebene Zeit leicht finden zu können, hat man eine eigene Vorrichtung, ein Saturnilabium, zu erfinden gesucht, wovon de la Lande [l]) redet. Sie ist derjenigen ähnlich, welche die Stellungen der Jupiterstrabanten, so wie sie von der Erde aus gesehen werden, zu bestimmen dient, und welche sich Cassini zuerst zu seinem Gebrauche erfunden hat. Den ersten Gedanken von einem solchen Jovilabio hatte zwar schon Peiresc [m]), ein gelehrter Rathsherr zu Aix in Frankreich, gehabt. Die augenscheinliche Aenderung, welche man in sehr kurzer Zeit an der Stellung der Jupiterstrabanten wahrnehmen kann, veranlaßte Peiresc, zu glauben, man könnte aus Beobach-

l) Astronomie §. 2994.

m) Vita *Fabricii de Peiresc* per *Gassendum*. L. II. in eius opp.

Beobachtungen derſelben eine Art erfinden, die Länge ſtündlich zu entdecken, und dadurch den Mangel der ſeltenen Gelegenheiten, welche die Verfinſterungen dieſer Trabanten ſelbſt geben, zu erſetzen. Ihre Stellen alſo deſto leichter zu finden, dachte er auf eine Maſchine, welche ſolche abbilden ſollte; er glaubte aber zuletzt, daß eine ſolche Vorrichtung ſchwerer auszuführen wäre, als er ſich anfänglich eingebildet hatte. Caſſini hingegen führte dieſen Gedanken wirklich aus, und ſeine Maſchine iſt von Weidlern [n]) beſchrieben worden. Sie beſteht aus kreisrunden Pappen- oder Kartenblättern, welche ſich um einen gemeinſchaftlichen Mittelpunkt drehen laſſen, wo der Mittelpunkt die Stelle des Jupiters, die Umkreiſe der Pappen aber die Bahnen der Monde, nach den gehörigen Verhältniſſen, vorſtellen. Das Ganze wird von einem Ringe umgeben, der die ebenfalls um den gemeinſchaftlichen Mittelpunkt beſchriebene Ekliptik vorſtellt, und dem gemäß in die gehörigen Grade und Zeichen getheilt iſt. Die Umkreiſe der Bahnen ſelbſt werden nach den täglichen Bewegungen eines jeden Trabanten um den Jupiter abgetheilt. Um nun die Stellung für eine gewiſſe Zeit zu finden, wird die Länge eines jeden Trabanten, aus dem Jupiter geſehen, aus den Tafeln geſucht, und ihr gemäß wird das Merkmal, das den Trabanten vorſtellt, auf dem Umkreiſe ſeiner Bahn ſo verſchoben, daß es vom Mittelpunkte aus gerechnet auf der Ekliptik die Länge bekommt. Hierauf ſucht man aus den Tafeln den geocentriſchen Ort des Jupiters, und richtet auf den Punkt der Ekliptik, der mit dieſem Orte übereinkommt, eine um den Mittelpunkt bewegliche Regel. Wenn man nun die ſenkrechte Entfernung der Trabanten von der Schärfe dieſer Regel mißt,

n) Explicatio Jovilabii Caſſiniani. Viteb. 1727. 4.

mißt, und vom Mittelpunkte eines kleinen Kreises, der den Jupiter vorstellt, auf die eine oder andere Seite trägt, so giebt die daraus entstandene Zeichnung den Stand, von der Erde aus gesehen, richtig an. Giebt man dabey noch Acht, wie die Knotenlinie der Trabantenbahnen liegt, so läßt sich beurtheilen, ob die Trabanten höher oder niedriger, als der Mittelpunkt des Jupiters, gesehen werden.

Die ganze Anordnung unsers Sonnensystems konnte unmöglich ein Zufall seyn; denn alles in der Welt muß Grund und Ursache haben. Um nun von allen möglichen Erscheinungen am Himmel die physischen Gründe aufzudecken, und überhaupt die beobachteten Bewegungen der Planeten und ihrer Trabanten aus dem allgemeinen Gesetze der Gravitation herzuleiten, haben sich die größten Mathematiker dieses Zeitraums bemüht. Die Kaiserl. Akademie der Wissensch. zu Petersburg legte im Jahre 1732 folgende Frage zur Beantwortung vor: welches die physische Ursache von der Neigung der Planetenbahnen gegen die Ebene des Sonnenäquators sey, und woher es komme, daß diese Neigungen verschieden sind? Die beyden Bernoulli's, Vater und Sohn, Johann und Daniel, erhielten den Preis. Der erstere °) suchte diese Frage aus der Voraussetzung eines großen Sonnenwirbels, welcher die Körper nach seinem Mittelpunk-

o) Essai d'une nouvelle physique celeste, servant à expliquer les principaux phènomènes de ciel, et en particulier la cause physique de l'inclinaison des orbites des planetes, par rapport au plan de l'équateur du soleil; piece, qui a partagé le prix double de l'année 1734. Paris 1735. 4.

punkte treibe, zu erklären. Dagegen nimmt aber der Sohn Daniel [p]) an, die Sonne, die Erde, und alle übrige Planeten beſäßen Atmoſphären, welche mit der Umdrehung der Körper zugleich herumgeführt würden, die Sonnenatmoſphäre aber faſſe alle übrigen Atmoſphären in ſich. Nach ſeiner Meynung haben von den älteſten Zeiten an diejenigen Körper, welche um die Sonne geführt werden, gegen den Sonnenäquator eine größere Neigung, als jetzt, gehabt; dieſe Neigung werde durch die Wirkung der Sonnenatmoſphäre nach und nach immer kleiner, und falle endlich nach einer unendlichen Zeit mit dem Sonnenäquator in Eins zuſammen; dieß wird nämlich der Zuſtand der Dauer und der Unveränderlichkeit ſeyn, nach welchem ſie ein beſtändiges Beſtreben haben. Daraus folgt die Veränderlichkeit der Schiefe der Ekliptik. Vielleicht haben auch die Sonnenfernen und die Knoten der Planetenbahnen ihre Grenzen, welche, wenn ſie zuſammenfallen, keiner Veränderung weiter unterworfen ſind. Alle dieſe Stellen aber bewegen ſich deſto langſamer, je näher ſie dem Zuſtande der Dauer und der Unveränderlichkeit kommen.

Ueberhaupt iſt aber der Gedanke nicht neu, daß die Ebene der Ekliptik endlich einmal mit dem Aequator zuſammenfallen werde. Schon Louville [q]) hatte ihn, und glaubte vermöge einer Tradition der Egypter, daß die Ekliptik einmal auf den Aequator ſenkrecht geſtanden habe. Daß die Schiefe der Ekliptik beſtändig abgenommen habe, iſt aus Beobachtungen richtig gefunden worden; de Louville ſetzt dieſe Vermin-

p) Diſquiſitiones phyſico aſtronomicae etc. Paris 1735. 4.

q) Diſſ. de mutabilitate eclipticae in Act. erud. Lipſ. 1719. menſ. Jul.

minderung alle Jahrhunderte auf 1 Minute, de la Caille auf 44″ und de la Lande auf 33 Sekunden. Euler [r]) hatte anfänglich den Gedanken, daß die Verminderung in der Schiefe der Ekliptik keine regelmäßige Ursache habe, sondern leitete sie vielmehr von der Einwirkung der Kometen ab; er bemerkt aber, daß diese Muthmaßung in der Folge durch Beobachtungen sehr leicht entweder bestätigt oder widerlegt werden könne; denn wenn diese Hypothese wirklich wahr wäre, so müßten die Veränderungen in der Schiefe der Ekliptik sogleich nach der Erscheinung eines Kometen wahrgenommen werden. Was den im Jahre 1742 erschienenen Kometen betreffe, so hätte durch seine Einwirkung die Schiefe der Ekliptik ein wenig vergrößert werden müssen; daher wäre es nöthig, daß die Astronomen die Schiefe der Ekliptik genau untersuchten, ob sie größer geworden sey, als vor der Erscheinung des Kometen. Nachher aber betrachtete er die Veränderung der Schiefe der Ekliptik als eine Wirkung der Planeten, und hat darüber zuerst Berechnungen angestellt [s]). Nach Eulern that dieß auch de la Lande [t]). Allein ihre Resultate sind nicht mit Sicherheit anzunehmen, weil sie Data, z. B. die Masse der Venus, vorausgesetzt haben, die noch nicht mit völliger Gewißheit erwiesen sind.

Newton's System erhielt in diesem Zeitraume noch mehr Gewißheit dadurch, daß die astronomischen Tafeln erst eine bewundernswürdige Genauigkeit bekamen,

r) Theoria de motu planetar. et cometar. Berol. 1744. 4. p. 98.

s) Mémoir. de l'Acad. de Prusse. an. 1754. p. 296.

t) Mémoir. de l'Acad. de Paris 1758. 1761.

men, als die Ungleichheiten des Planetenlaufs nach dieſer Theorie unterſucht wurden. Wenn die Planeten blos der Wirkung der Sonne unterworfen wären, ſo würden ſie um ſelbige elliptiſche Bahnen beſchreiben; allein ſie wirken auch auf einander ſelbſt, und auf gleiche Art auf die Sonne, und aus dieſen verſchiedenen Anziehungen entſtehen in ihren elliptiſchen Bewegungen Störungen, wie die Beobachtungen gelehrt haben. Newton hatte zwar die beträchtlichſten zu erklären geſucht; allein er war doch nicht im Stande, eine allgemeine Auflöſung dieſer wichtigen Aufgabe zu geben. Hiezu waren erſt Kunſtgriffe der Analyſe nöthig, die zu Newton's Zeiten noch unentdeckt waren. Bey der Vervollkommnung der Analyſe haben ſich zwar Euler, Clairaut und d'Alembert an die Auflöſung dieſer Aufgabe gemacht; indeſſen überſteigt die ſtrenge Auflöſung derſelben die Kräfte der Analyſe, und die Aſtronomen ſind genöthigt geweſen, ſich blos an Näherungen zu halten. Selbſt in dem letzten Falle bleibt die Sache noch ſehr verwickelt, und es werden die feinſten und ſchwerſten Kunſtgriffe der Analyſe erfordert, um aus der unendlichen Menge der Ungleichheiten, welchen die Planeten unterworfen ſind, die merklichen abzuſondern, und ihre Werthe zu beſtimmen, wenn auch gleich dies Geſchäft durch die geringe Ausdehnung der Maſſen der Planeten in Vergleichung mit der der Sonne, und durch die geringe Excentricität und Neigung ihrer Bahnen ſehr erleichtert wird.

Die Störungen der elliptiſchen Bewegung der Planeten laſſen ſich auf zwey ſehr verſchiedene Claſſen bringen; die zur erſten Claſſe gehörigen werden von den Elementen der elliptiſchen Bewegung verurſacht; dieſe wachſen äußerſt langſam, und man hat ſie daher ſe-

culä-

culäre Ungleichheiten genannt. Die andern sind von den Stellungen der Planeten theils gegen einander, theils gegen ihre Knoten und Sonnennähen abhängig, und finden sich allemal wieder ein, so oft diese Stellungen wieder die nämlichen werden; man hat sie periodische Ungleichheiten genannt, um sie von den erstern zu unterscheiden, welche von der gegenseitigen Stellung der Planeten unabhängig sind.

Die beträchtlichste unter den seculären Ungleichheiten ist diejenige, welche auf die mittleren Bewegungen der Planeten einen Einfluß haben kann. Nachdem nämlich die Astronomen die seit der Wiederherstellung der Astronomie gemachten Beobachtungen mit einander verglichen, so schien die Bewegung des Jupiters schneller, und die des Saturns langsamer zu seyn, als nach der Vergleichung eben dieser Beobachtungen mit den ältern. Daraus haben sie geschlossen, daß die erste dieser Bewegungen von einem Jahrhunderte zum andern sich beschleunige, während die andere sich vermindere; und um auf diese Veränderungen Rücksicht zu nehmen, haben sie in den Tafeln dieser Planeten zwey seculäre Gleichungen, die wie die Quadrate der Zeiten wachsen, eingeführt, wovon die eine zu der Bewegung des Jupiters addirt, die andere von der des Saturns abgezogen werden muß. Halley fand die seculäre Gleichung des Jupiters 34,35″ für das erste Jahrhundert von 1700 an gerechnet, und die zugehörige Gleichung des Saturns 73″,248. Man glaubte anfänglich, daß die Ursache davon in der gegenseitigen Wirkung dieser zwey beträchtlichsten Planeten unsers Sonnensystems zu suchen sey. Allein Euler und der jüngere le Monnier, welche sich damit beschäftigten, fanden Resultate, welche mit den Beobachtungen nicht übereinstimmten.

einſtimmten. Außerdem hatte de la Lande bey der Bewegung des Saturns Ungleichheiten bemerkt, welche nicht von der Wirkung des Jupiters abzuhangen ſchienen; er fand ihre Rückkehr zur Frühlingsnachtgleiche in dem 18ten Jahrhundert ſchneller, als die zur Herbſtnachtgleiche, ungeachtet die Lagen des Jupiters und Saturns ſo wohl unter einander, als in Anſehung ihrer Sonnennähen, ohngefähr die nämlichen waren. Noch hatte Lambert bemerkt, daß die mittlere Bewegung des Saturns, die von einem Jahrhundert zum andern vermindert zu werden ſchien, wenn er neuere Beobachtungen mit ältern verglich, im Gegentheil bey der Vergleichung der neuern Beobachtungen unter einander beſchleunigt zu werden ſchien, während die mittlere Bewegung des Jupiters die entgegengeſetzten Erſcheinungen zeigte. Dies brachte alsdenn die Aſtronomen auf die Gedanken, daß unabhängige Urſachen von der Wirkung des Jupiters und Saturns ihre Bewegungen geändert hätten. Einige ſuchten die Urſache in dem Widerſtande des Aethers, andere in der Einwirkung der Kometen u. ſ. w. Inzwiſchen war doch keiner in dieſem Zeitraume ſo glücklich, die wahre Urſache davon aufzufinden. Erſt la Place entdeckte, daß die beobachteten Veränderungen in den mittleren Bewegungen des Jupiters und Saturns nicht von ihren ſeculären Ungleichheiten abhangen, ſondern daß ſie vielmehr eine Folge der wechſelſeitigen Einwirkung des Jupiters und Saturns ſeyen. Hievon aber in der Folge.

Die erſten, welche beynahe zu gleicher Zeit mit Hülfe der Analyſe die wechſelſeitigen Einwirkungen der Planeten nach Newtons Syſtem zu unterſuchen anfingen, und daraus den Lauf der Planeten zu beſtim-

men

men suchten, waren Clairaut, d'Alembert [u]) und Euler [v]). Nachher haben sich mehrere Astronomen damit beschäftigt, unter welchen ich vorzüglich de la Lande [w]) nenne.

Untersuchungen der Ungleichheiten, welche die Jupitersmonde nach der Newtonschen Theorie in ihrem Gange verursachen, hat W. Wargertin [x]) angestellt, und hiernach sehr genaue Tafeln für die Jupitersmonde geliefert.

Kometen.

Da Halley bemerkt hatte, daß die Elemente der Bahnen der in den Jahren 1531, 1607 und 1682 beobachteten Kometen sehr nahe die nämlichen wären, so schloß er daraus, daß sie demselben Kometen zugehörten, welcher in Zeit von 151 Jahren zwey Umläufe gemacht hätte. Die Umlaufszeit von 1531 bis 1607 war um 13 Monate länger, als die von 1607 bis 1682; Halley glaubte daher, die Anziehung der Planeten, und hauptsächlich die des Jupiters und Saturns, habe diesen Unterschied veranlassen können; und nach einer beyläufigen Schätzung dieser Wirkung im Verlaufe der folgenden Periode urtheilte er, daß sie die nächste Zurückkunft des Kometen verzögern müsse; er setzte sie also auf das Ende des Jahrs 1758 oder den Anfang von 1759 (Th. II. S. 548 f.). Diese Vorher-

u) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1745.

v) Pièce, qui a remporté le prix de l'Acad. roy. des scienc. an. 1748. Sur les inégalités du mouvement de Saturne et de Jupiter. Paris 1749.

w) Astron. Liv. XXII.

x) Abhandl. der schwed. Akadem. der Wissensch. 1748. S. 169. f.

hersagung war an sich selbst zu wichtig, und mit der Theorie der allgemeinen Schwere, deren Anwendungen zu erweitern die Geometer um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts beflissen waren, zu innig verbunden, um nicht die Neugierde aller derjenigen zu erwecken, welche an dem Fortgange der Wissenschaften Antheil nahmen. Weil aber die ältern Umlaufszeiten sehr ungewiß sind, so fiengen schon die meisten Astronomen an, ihn 1756 zu erwarten, indem die letzte Umlaufszeit ein Jahr kürzer war, als die nächst vorhergehende, folglich könnte man um so weniger sicher seyn, ob er nun nicht nach 74 Jahren wieder erscheinen würde, da eben Euler [y]) seine Hypothese durch einen Kometen bestärken wollte, daß sich aller Planeten Umlaufszeiten nach und nach verkürzen, weil der Aether der Bewegung der Himmelskörper widerstehe.

Deßwegen bemühten sich auch einige, auszurechnen, an welchen Gegenden des Himmels er zu jeder Jahrszeit zu suchen wäre. Allein die Jahre 1756, 1757 und 1758 verstrichen, ohne daß man ihn bey dem fleißigsten Nachsuchen gewahr ward. Clairaut [z]) insbesondere, welcher einer von den ersten war, welche die Aufgabe von drey Körpern aufgelößt hatten, wandte seine Auflösung auf die Bestimmung der Ungleichheiten an, welche die Wirkung des Jupiters und Saturns im Laufe des Kometen hervorgebracht hatte. Diese seine Bemühung konnte er im Jahre 1758 im November der königlichen Akademie der Wissenschaften zu

y) Opusc. varii argum. p. 246. 276.

z) Theorie du mouvement des Comètes, dans laquelle on a égard aux alterations, que leurs orbites éprouvent par l'action des planètes; avec l'application de cette théorie à la Comète, qui a été observée en 1531, 1607, 1682 et 1759. à Paris.

zu Paris vorlegen. Dadurch fand er 1. daß die Umlaufszeit des Kometen von 1531 bis 1607 durch Jupiters Kraft 19 Tage kürzer geworden war, als sie hätte seyn sollen, wenn sonst kein Körper, als die Sonne, auf ihn gewirkt hätte, und daß außerdem seine Ellipse ein wenig war verändert worden, so daß deßwegen die nächste Umlaufszeit nur 31 Tage kürzer ward; 2. Daß die Umlaufszeit zwischen 1607 und 1682. vom Jupiter, nach einer neuen Rechnung, 420 Tage war verkürzt worden, welche zu den 30 Tagen, die eine Folge der vorigen Periode waren, gesetzt, diese 451 Tage zu kurz machten; 3. daß der Komet nach dem Jahre 1682 wiederum vom Jupiter ganzer 518 Tage aufgehalten worden ist, und daß Saturn, welcher ihn die erstenmale fast gleichviel abwechselnd aufgehalten und beschleunigt hatte, diesmal ebenfalls für seinen Theil 200 Tage beygetragen hatte, seine Wiederkunft zu verzögern, so daß diese letzten Umlaufszeiten ohngefähr 618 Tage verlängert werden müßten; 4. daß folglich der Komet diesen seinen Bestimmungen zu Folge ohngefähr den 15ten Aprill 1759 in seine Sonnennähe kommen sollte. Zugleich bemerkte er aber, daß die kleinen Größen, die er bey seinen Näherungen aus der Acht gelassen hätte, dieses Ziel um einen Monat vorrücken oder zurücksetzen könnten, und setzte noch überdies die Anmerkung hinzu: ein Körper, der so weit entfernte Gegenden durchlaufe, und unsern Augen so lange Zeit verborgen bleibe, könnte wohl ganz unbekannten Kräften unterworfen seyn, dergleichen die Wirkung der andern Kometen oder selbst eines Planeten wäre, der beständig eine zu große Entfernung von der Sonne hätte, um jemals beobachtet werden zu können. Clairaut erhielt wirklich die Genugthuung, zu mehrerer Begründung von Newtons System seine Vorhersagung

erfüllt

erfüllt zu ſehen; der Komet kam wirklich zur Sonnennähe den 12ten März 1759. innerhalb der Grenzen der Fehler, deren er ſein Reſultat fähig glaubte. Nach einer neuen Durchſicht ſeiner Rechnungen ſetzte Clairaut in der Folge dieſe Ankunft auf den 4ten Aprill. Der berühmte Landmann Paliſſch bey Dresden war der erſte, welcher ihn ſahe, indem er ſich der Sonne näherte; dies geſchahe bereits den 25. Dec. 1758. Der Komet war damals noch ſo weit von der Sonne, als Mars, und ein wenig weiter von der Erde, als die Sonne. In Frankreich hatten ihn vor ſeiner Ankunft zur Sonnennähe de l'Isle und Meſſier den 21ſten Jan. 1759 geſehen, wo der letztere ihn im ſüdlichen Fiſche fand. Damals war er zwar der Sonne näher, aber dagegen viel weiter von der Erde, als im vorigen Monate, daher hatten ſie auch deſto größere Mühe, ihn ſelbſt mit Sternröhren zu beobachten.

Wargertin [a]) bemerkt, daß die Beobachtungen, welche man an dieſem Kometen im Jahre 1759 gemacht habe, nicht zur Parabel hätten paſſen wollen; denn als er die paraboliſchen Elemente nach den erſten Beobachtungen geſucht hatte, ſo ſtimmten die letzten mit den Rechnungen, die ſich darauf gründeten, gar nicht überein, oder, wenn er die Elemente mit einander ſo verglich, daß die letzten und erſten Beobachtungen damit zuſammenſtimmten, ſo wichen die mittleren davon ab, wie er auch die Elemente ändern mochte. Die Urſache hievon ſetzt er darin, weil unter allen Kometen dieſer die kürzeſte Umlaufszeit haben werde, und deßwegen könne ſeine Ellipſe nicht ſo lange mit einer Parabel übereinſtimmen, welche eben den Brennpunkt und

a) Abhandl. der ſchwed. Akad. d. Wiſſenſch. 1760. der Ueberſ. S. 12.

und die nämliche Sonnennähe hätte, als solches bey andern Kometenellipsen angehe. Diesmal ließen sich also seine Bewegungen nur durch die Ellipse erklären.

Die Newtonsche Theorie des Kometenlaufs ist durch alle nach Newton erschienene Kometen, und besonders an diesem durch seine Vorherverkündigung einzigen in seiner Art, bestätigt worden. Dadurch ward die Meynung der Astronomen über die Natur der Kometen dahin geändert, daß man sie, wie die Planeten, für bleibende, zum Sonnensystem gehörige, und mit lebenden Geschöpfen versehene Körper hielt.

Die Gestalt der Kometen ist verschieden, nachdem sie der Sonne näher kommen oder sich wieder von ihr entfernen. Der im Jahr 1744 erschienene zeigte bey seiner ersten Erscheinung keinen Schweif, bekam aber einen, welcher sich während seiner Annäherung an die Sonne bis auf 40° verlängerte. Als er von der Sonne zurückkam, war nur der Schweif allein sichtbar, aber sehr groß und in fünf Streifen vertheilt. Heinsius [b]) hat nach seinen Beobachtungen durch ein gutes Spiegelteleskop schöne Abbildungen davon geliefert, welche die Entstehung der Atmosphäre und des Schweifs durch Auflösung der Materie des Kerns deutlich zeigen. Auch wurde an diesem Kometen derjenige Theil am hellsten wahrgenommen, welcher von der Sonne beschienen wurde.

Im Jahre 1769 erschien abermals ein Komet, der sich im September nach Mitternacht am größten zeigte, und mit einem Schweife von 40° versehen war.

Am,

b) Beschreibung des 1744. erschienenen Kometen. St. Petersb. 1744 4.

Am 7ten Octob. gieng er innerhalb der Mercursbahn, 8 mal näher, als die Erde, vor der Sonne vorüber. Nach seiner Zurückkunft von derselben, wo er im November Abends wieder sichtbar ward, fand ihn Lambert c) sehr verändert.

Wie aus drey Beobachtungen eines Kometen die Elemente des bey uns sichtbaren Theils seiner Bahn gefunden werden können, hatte schon Newton gezeigt, nach Newton aber vornemlich Euler d). Einen noch leichtern Weg durch Zeichnung hat Lambert angegeben.

Was die Anzahl der zu unserm Sonnensystem gehörigen Kometen betrift, so giebt Lambert e) selbige bis auf 4000 an, welche die Flächen der Planetenbahnen nach allen möglichen Seiten und Richtungen durchschneiden, die festen Sphären des alten Weltsystems und Cartesens Wirbel gänzlich zerstören, dagegen dem Copernikanischen und Newtonschen Systeme einen neuen Glanz geben, indem sie unwiderleglich zeigen, daß sich die Kraft der Sonne nicht blos nach der Fläche der Planetenbahnen, sondern nach allen Seiten verbreite, und der große Raum nicht unbenutzt bleibe.

Heinsius hatte durch seine Beobachtungen vermittelst eines Spiegelteleskops gezeigt: daß die Kometen sehr wahrscheinlich aus einer Materie bestehen, welche durch die Einwirkung der Sonnenwärme in der Nähe

c) Beytr. zum Gebrauche der Mathematik. Th. III. Num. 7.

d) Theoria motus planetarum et cometarum. Berol. 1744. 4.

e) Kosmologische Briefe. Augsp. 1761. 8.

Nähe der Sonne aufgelöset, und in Dünste verwandelt werde, die in den viele Millionen Meilen langen Schweif fortgetrieben werden, und bey der nachmaligen langen Entfernung von der Sonne wieder verdichtet herabfallen.

Der Herr von Mairan f) glaubte, daß die Schweife der Kometen aus Theilen der Sonnenatmosphäre bestünden, welche die Kometen an sich zögen, und welche der Stoß der Sonnenstrahlen von der Sonne abwärts treibe.

Ueber die Bestimmungen der Kometen trägt Lambert in seinen kosmologischen Briefen erhabene Gedanken vor. Bey allen den erstaunlichen Veränderungen, welche die Kometen von der Sonne erleiden, meint er, sey es gar nicht unmöglich, daß sie denkenden und empfindenden, vielleicht sehr verfeinerten Wesen zum Aufenthalte dienen könnten, welche auf einer so viel umfassenden Laufbahn reichlichen Anlaß fänden, an der Mannigfaltigkeit der Schöpfung ihre Talente zu üben, und sich unerschöpfliche Quellen des Vergnügens zu öfnen.

Die Vorurtheile, welche sonst bey Erscheinung der Kometen, als schrecklicher Vorboten des Unglücks, allgemein herrschend waren, fanden zwar in diesem Zeitraume unter dem gebildetern Theile der Menschen nicht mehr statt; dagegen gab die Newtonsche Theorie zu der neuen Furcht Veranlassung: es möchte von der großen Anzahl der Kometen, welche das Planetensystem nach allen möglichen Richtungen durchschneiden, einer durch seine Annäherung die Erde zerstören. So erklär-

f) Traité de l'aurore boreale à Paris 1732. 1754. 8.

erklärte Heyn [g]) den Untergang der Erde dadurch, daß ein Komet sie in Gegenden treiben werde, wo sie nicht mehr bewohnbar sey.

Fixsterne.

Die scheinbare Bewegung der Fixsterne, welche um die Pole der Ekliptik mit der Ebene derselben parallel erfolgt, hatte zwar Newton durch sein System zu erweisen gesucht; allein er hatte hiebey viel Unerwiesenes und Unrichtiges angenommen, welches d'Alembert [h]) verbessert, und zuerst die schwere Aufgabe von der Bestimmung des Fortruckens der Nachtgleichen vollständig aufgelöset hat. D'Alembert hatte bey seinen Berechnungen die Gestalt der Erde nach den neuesten Untersuchungen, mithin richtiger als Newton angenommen. Ueberdies hatte Newton die Wirkung des Mondes auf unsere Erde, die er aus einigen Beobachtungen über die Ebbe und Fluth bestimmt hatte, zu groß angesetzt, welche durch neuere Untersuchungen genauer war bestimmt worden, u. s. f.

Mit dem Fortrucken der Nachtgleichen steht eine kleine periodische Bewegung der Erdaxe, welche das Wanken oder die Nutation derselben genannt wird, in der genauesten Verbindung. Vermöge dieser Bewegung bleiben die Pole am Himmel nicht genau in dem Kreise, in den sie sonst wegen des Vorruckens der Nachtgleichen um die Pole der Ekliptik langsam herum zu gehen scheinen, sondern sie beschreiben noch außerdem einen kleinen Kreis von 18 Sekund. Durchmesser, in

g) Versuch einer Betrachtung über Kometen, Sündfluth ꝛc. 1742. 8.

h) Recherches sur la préceſſion des équinoxes et sur la nutation. à Paris 1749. 4.

in welchem sie alle 18 Jahre, 8 Monate ein mal herumkommen. Bradley entdeckte diese Bewegung zuerst. Durch Newton's Theorie ward zwar schon Flamstead [i]) veranlaßt, ein Wanken der Erdaxe zu vermuthen, und Römer hatte in einem von Horrebow [k]) angeführten Aufsatze vom Jahre 1692. ähnliche Gedanken geäussert; aber die damaligen astronomischen Werkzeuge waren noch zu unvollkommen, um so feine Bewegungen mit entscheidender Gewißheit anzugeben. Bradley suchte sich die kleine jährliche Bewegung der Fixsterne, die er durch seine Beobachtungen in den Jahren 1723 bis 1728 entdeckte, anfänglich auch aus einem Wanken der Erdaxe zu erklären; allein nach reiflicher Ueberlegung fand er die wahre Ursache davon vielmehr in der allmähligen Fortpflanzung des Lichts (Th. II. S. 556.). Clairaut [l]), Fontenelle [m]), Simpson [n]), Manfredi [o]), Duräus [p]) und andere haben nachher ausführlich erklärt, und Regeln gegeben, wie die durch die Abirrung des Lichts verursachten Abweichungen, welche die Länge, Breite, gerade Aufsteigung und Abweichung des Sterns ändern, leicht zu berechnen sind. Auch hat Euler [q]) unter-

i) Histor. coeleſt. Britan. T. III. p. 113.

k) Basis astronom. Havniae 1735. 4. p. 86.

l) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1737.

m) Histoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1737.

n) Mathematical essays. Lond. 1740.

o) De noviſſimis circa fixorum siderum errores obſervationibus. it. in Act. inſt. scient. Bonon.

p) Diſſ. binae de aberrat. fixar. Vpſaliae habitae und Abhandl. der schwed. Akademie der Wissensch. 1750. S. 203 der Ueberſ.

q) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Pruſſe. an. 1746.

unterſucht, wie weit der Gang der Planeten und Kometen dadurch verändert wird. Alle nachherigen Beobachtungen haben dieſe Theorie beſtätigt. Indeſſen ſetzte Bradley ſeine Beobachtungen über die Abirrung des Lichts bis zum Jahre 1747 fort, und ward dabey eine neue Verſchiedenheit in der Größe gewahr, um welche das Vorrücken der Nachtgleichen die Abweichungen der Fixſterne änderte.

Im Jahre 1727, da der aufſteigende Knoten des Mondes den Frühlingspunkt traf, ſchien das Vorrücken an dem am Kolur der Nachtgleichen ſtehenden Sterne etwas größer, als ſonſt geworden zu ſeyn; im Jahre 1732, da der Mondsknoten bis zum Winterpunkte zurückgegangen war, hatte es ſeine gewöhnliche mittlere Größe; in den folgenden Jahren ward es geringer bis 1736, da der Mondsknoten zur Herbſtnachtgleiche kam. In der folgenden Hälfte des Umlaufs der Mondsknoten nahm es wieder zu, ſo daß es 1741 ſeine mittlere Größe erreichte, und 1745 am Ende von 18 Jahren wieder eben ſo groß, als 1727 war. Dabey hatten die Sterne, welche nahe am Kolur der Sonnenwenden ſtanden, ihre Abweichung von 1727 bis 1736 um 18″ weniger geändert, als es die mittlere Größe des Vorruckens erforderte; von 1736 bis 1745 hingegen veränderten ſie dieſelbe 18″ mehr, ſo daß ſie am Ende dieſer 18 Jahre, in welchen die Mondsknoten einen völligen Umlauf gemacht hatten, alle wieder in den vorigen Punkten des Himmels ſtanden, wenn dabey das Vorrucken der Nachtgleichen mit in Betrachtung gezogen ward.

Bradley ward bald überzeugt, daß dieſe Ungleichheit der Einwirkung des Mondes zuzuſchreiben ſey. Dieſer hatte ſich im Jahre 1727, als ſeine Kno-

ten

ten die Nachtgleichen trafen, in seinen größten Breiten auf $28\frac{1}{2}$ ($23\frac{1}{2} + 5$) Grad weit vom Aequator entfernen können; da er hingegen 1736, als seine Knoten in die Sonnenwenden fielen, nie weiter, als $18\frac{1}{2}$ ($23\frac{1}{2} - 5$) Grad, vom Aequator abgehen konnte. Er hatte also im Ganzen genommen um 1727 unter einem weit größern Winkel, also viel merklicher, auf den Aequator der Erdkugel gewirkt, und daher das Vorrucken der Nachtgleichen weit mehr befördert, als dies um 1736 geschah. Da Bradley am Ende der Periode hierüber keinen Zweifel mehr behielt, so machte er diese scheinbare Bewegung der Fixsterne mit ihren Gesetzen in den philosophischen Transaktionen r) bekannt. Der damalige Sekretair der königlichen Societät, Machin, sahe sogleich, daß es zu Erklärung dieser Bewegung mit allen ihren Folgen völlig hinreichend sey, wenn man sich vorstelle, daß die Erdpole während der Umlaufszeit der Mondsknoten einen kleinen Kreis von 18″ im Durchmesser beschrieben. Indessen ließen doch Bradley's Beobachtungen noch einige Ungewißheit zurück. Endlich aber hat d'Alembert in der vorhin angeführten Schrift nach der Newtonschen Theorie durch eine sehr schöne Analyse die Bewegungen der Erdaxe für jede beliebige Gestalt und Dichtigkeit der Schichten des Erdsphäroids bestimmt, und nicht nur mit den Beobachtungen übereinstimmende Resultate gefunden, sondern auch die wahren Dimensionen der kleinen Ellipse, welche der Erdpol beschreibt, bekannt gemacht. Er fand, daß der Mond am Vorrucken der Nachtgleichen zwar den stärksten Antheil hat, daß er aber diesen Antheil wegen seines ver-

r) Philos. Transact. num. 485. übers. im Hamb. Magaz. B. III. St. 6. Num. 1.

verſchiedenen Standes gegen den Erdäquator auf eine viel ungleichere Weiſe hervorbringe, als die Sonne den ihrigen, und daß er dadurch nicht allein ein beſtändiges Zurückgehen, ſondern auch eine periodiſche Ungleichheit deſſelben, und eine Wendung der Axe bewirke, welche ihre vorige Stellung wieder erhält, wenn die Mondsknoten zu den vorigen Punkten zurückkommen. Nach Bradley's Beobachtungen beträgt das Fortrucken der Nachtgleichen 58″, wenn der aufſteigende Knoten des Mondes in 0° ♈ iſt; 53″, wenn er ſich in 0° ♎; 50½, wenn er ſich in 0° ♋ oder in 0° ♑ befindet. Beym mittleren Fortrucken kommen etwa 35″ vom Monde, die übrigen 15″ von der Sonne her.

Nach Halley haben Caſſini, Richer, le Monnier und Bradley an den großen Fixſternen, dem Aldebaran, Arktur und Sirius, ihre Beobachtungen fortgeſetzt, und aus Vergleichung der ihrigen mit den von Tycho, Picard, de la Hire und Flamſtead angeſtellten gefunden, daß Arktur wirklich in 66 Jahren um 2½ Minute nach Süden fortrucke, beym Sirius aber dieſe Bewegung nach Süden ſeit Tycho's Zeiten erſt 2 Minuten ausmache. Auch fand Caſſini eine eigene Bewegung an den Sternen Rigel, Betrignuza, Regulus, Capella und Athair. Tobias Mayer[s]) liefert ein Verzeichniß von mehr als 70 Sternen, von welchen ſich aus Vergleichung ſeiner Beobachtungen mit ältern von Römer und de la Caille ſchließen läßt, daß ſie eine eigene Bewegung beſitzen.

Ueber

s) De motu fixarum proprio in *Tob. Mayeri* opp. inedit. cura *G. C. Lichtenberg*. Gotting. 1775. 4. Vol. I. no. 6.

Ueber die Einrichtung des ganzen Weltgebäudes und die Bestimmungen der zahllosen Fixsterne haben die Astronomen mancherley erhabene Gedanken geäußert. Thomas Wright t) trägt in einem mit schönen Abbildungen des Fixsternhimmels begleiteten Werke den Gedanken vor: die Fixsterne stünden in ordentlichen Lagen und gleichen Entfernungen, und schienen uns nur unordentlich, weil wir sie nicht aus der gehörigen Stelle betrachteten. So scheine das System der Jupitersmonde auf den ersten Blick unordentlich, und eben so müßte einem entfernten Auge unser ganzes Planetensystem vorkommen, obgleich in beyden die schönste Ordnung herrsche. Hier liege aber die Ordnung in der Bewegung durch Bahnen, und gehe beym Anblicke darum verloren, weil das Auge die Körper nur in einzelnen Stellen dieser Bahnen sehe. Die Reihen der Fixsterne erstreckten sich hauptsächlich durch die Ebene der Milchstraße, und nach dieser Richtung lägen sie ohne Vergleichung häufiger hinter einander, als nach den übrigen. Er giebt auf zwey Platten eine sehr schöne Abbildung der Milchstraße, und berechnet in selbiger, indem er ihr eine Breite von 9° giebt und in jeden Quadratgrad 1200 Sterne setzt, die Anzahl der Weltsysteme auf 3888000. Diese Schrift veranlaßte Herrn Kant u), ähnliche Gedanken über den Weltbau vorzutragen. Seiner Muthmaßung zu Folge ist die Milchstraße ein Sternsystem, zu welchem unsere Sonne mit gehört, die Nebelsterne sind ähnliche von uns entfernte Sternsysteme oder Milchstraßen, und mehrere derselben

t) An original theory of the universe. London 1750. 4.

u) Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Königsb. 1755. 8.

selben können wiederum neue Systeme höherer Ordnungen bilden.

Noch viel weiter hat diesen erhabenen Gedanken Lambert v) getrieben. Er stellt sich vor, daß alle außerhalb der Milchstraße liegende zerstreut erscheinende Fixsterne zusammen ein einziges System ausmachen, zu welchem unsere Sonne mit gehöre, so wie schon Kant gemuthmaßt hatte. In der Ebene der Milchstraße liegen nun in unermeßlichen Reihen hinter einander nicht blos einzelne Fixsterne mit ihren Planeten, sondern ganze dem vorigen gleiche Systeme, zu deren jedem viel tausend Sonnen, jede mit ihren Planeten, gehören. Obgleich schon die einzelnen Sonnen sehr weit von einander entfernt sind, so sind doch die Abstände zwischen diesen Systemen noch bey weitem größer. Ein solcher für unsere Vorstellung ungeheurer Abstand findet sich auch zwischen unserm Fixsternsystem, das sich über den ganzen gestirnten Himmel verbreitet, und den übrigen, deren vereinigter Glanz die Erscheinung der Milchstraße veranlaßt.

Dem ganzen Systeme giebt Lambert eine langsame Bewegung um einen Haupt- oder Centralkörper, von welchem er es unentschieden läßt, ob er eine Sonne oder eine dunkele Masse sey. Den Sirius dafür anzunehmen, ist er nicht geneigt; eher könnte man den bekannten Nebelfleck am Schwerdte des Orions dafür halten; die Erfahrung müsse lehren, ob dieser Fleck periodische Lichtabänderungen nach der Theorie der Phasen zeigen, und sich etwa dadurch als ein dunkeler von umlaufenden Sonnen erleuchteter Körper zu erkennen gebe.

Die

v) Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsburg 1761. 8.

Die Milchstraße setzt Lambert aus lauter ähnlichen durch eben solche Abstände getrennten Systemen zusammen, welche er bisweilen selbst Milchstraßen nennt. Jedes einzelne System für sich würde wie ein blasses Wölkchen oder Nebelfleck erscheinen; alle zusammen schieben sich in einander, und bilden die lichte Zone, die doch an manchen Stellen unterbrochen, gespalten, oder in kleine Wölkchen zertheilt scheint. Jedes dieser unzählbaren Systeme hat seinen eigenen Hauptkörper, und vielleicht machen sie alle zusammen nur ein System einer noch höhern Ordnung aus, in dessen Mittelpunkte sich wieder ein Hauptkörper von einer noch beträchtlicheren seinem ungeheuren Gebiete angemessenen Größe befindet; vielleicht muß man noch durch mehrere solche Ordnungen oder Stufen aufsteigen, ehe man die Grenze dieser Reihe erreicht, die dem Throne der Allmacht am nächsten ist u. s. w.

Die Ursache der Lichtabwechselung und des Verschwindens und Wiedererscheinens der so genannten veränderlichen oder wunderbaren Sterne leitet Bouilland davon her, daß diejenigen Fixsterne, welche dergleichen zeigen, nur halbe Sonnen wären, deren eine Hälfte leuchtend, die andere dunkel sey, und die sich um ihre Axe drehten. Nach des Herrn von Mauperfuis w) Meynung haben diese Sterne durch eine schnelle Axenumdrehung eine sehr platte tellerförmige Gestalt erhalten, und ein großer Planet ändere die Richtung ihrer Axen so, daß sie uns bisweilen die platte Seite, bisweilen die schmale Kante zukehrten, und im letztern Falle mit sehr schwachem Lichte schienen oder gar verschwänden.

w) Discours sur les differentes figures des astres. à Paris 1732. 8.

Viertes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche unsere Erde insbesondere angehen.

Gestalt der Erde.

Ungeachtet der jüngere Cassini durch seine Messung den nördlichen Grad kleiner als den südlichen gefunden hatte, und daher die Erde für ein länglichtes Sphäroid hielt, so behaupteten doch die Newtonianer ganz unbeweglich, daß die Erde unter den Polen flacher als am Aequator seyn müsse. Indessen suchte der Herr von Mairan [x]) die beyden mit einander streitenden Parteyen zu vereinigen, und zu beweisen, daß die länglichte Gestalt allerdings mit den hydrostatischen Gesetzen bestehen könne. Allein Desagusliers [y]) behauptete, daß dies widersprechend sey, und mit sich gar nicht bestehen könnte; er hielt Cassini's Messung für mangelhaft, und daher keinesweges geschickt, daraus auf irgend eine Gestalt der Erde zu schließen. Andere, wie z. B. Poleni, suchten noch andere Mittel, um beyde Parteien zu vereinigen. Dadurch ward Cassini veranlaßt, andere Gründe für seine Behauptung beyzubringen; er unternahm es daher, in den Jahren 1733 und 1734 eine Messung von anderer Art anzustellen, welche doch ebenfalls die Gestalt der Erde zu erkennen geben sollte. Er richtete nämlich eine Linie senkrecht auf die schon vorher gezogene Mittagslinie durch die Pariser Sternwarte auf, und verlän-

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1720.

y) Philos. Transact. Num. 386-388. for the year 1725.

verlängerte sie östlich und westlich durch ganz Frankreich, von St. Malo bis Strasburg. Die Länge bestimmte er ebenfalls durch Dreyecke, aber wie viel Grade sie vom Parallelkreise durch die Sternwarte enthielte, machte er durch Verfinsterungen der Jupitersmonde aus, die er in St. Malo und in Strasburg beobachtete, wo sich dann fand, daß die Länge der Grade in diesem Parallelkreise mit der länglichten Gestalt der Erde, die er durch vorhergehende Messungen erhalten hatte, allerdings übereinstimmte [z]). Je mehr sich aber Cassini auf solche Messungen stützte, desto mehr Gründe suchten die Newtonianer für ihre Meynung auf. Sie bestanden darauf, die Zahl der Grade in diesem Parallelkreise könnte noch weniger so genau durch Verfinsterungen der Jupitersmonde hervorgebracht werden, wie zur Beylegung des Streites erfordert würde, als man durch Beobachtung der Höhen der Sterne die Größe des Bogens vom Mittagskreise zu bestimmen vermöchte. Sie beriefen sich auf die Gestalt des Jupiters, von der man längst gefunden hatte, daß sie ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid sey, so daß seine Axe $\frac{1}{13}$ kleiner ist, als eine Querlinie, welche senkrecht auf die Axe durch den Mittelpunkt geht. Diese sehr merkliche Ungleichheit stimmte allerdings mit physischen Gründen zusammen, wenn man den schnellen Umschwung des Planeten um seine Axe innerhalb 10 Stunden mit der Größe seines Körpers, welche die der Erde fast 1000 mal übertrift, vergleicht, und dabey in Betrachtung zieht, daß er wenigere Dichtigkeit, wie unsere Erde, besitzt; warum sollten nicht auch bey der Erde dieselben Ursachen die nämlichen Wirkungen hervorbrin-

z) Mémoir. de Paris. an. 1733. 1734.

bringen? So schlossen schon de Maupertuis [a]) und Bouguer [b]).

Diejenigen, welche diesen Streit ganz unpartheiisch betrachteten, gaben doch zu, daß sich viel eher würde beweisen lassen, ein Fehler von einigen Sekunden, welchen man in der Messung des Abstandes der Sterne vom Scheitelpunkte begangen hätte, könnte der länglichten Gestalt der Erde sehr vortheilhaft seyn, als daß Newton's Theorie über den Haufen geworfen würde. Sie urtheilten ganz richtig so, die nordwärts und südwärts um Paris gemessenen Grade wären einander viel zu nahe, und daher ihr Unterschied viel zu klein, als daß man ihn so leicht durch Beobachtungen entdecken könnte, weil ein Fehler von einigen wenigen Sekunden, den man bey Bestimmung der Höhe der Sterne begienge, und welcher schwerlich zu vermeiden wäre, der Erde eine ganz andere Gestalt, als sie wirklich habe, geben könnte. Sie gaben daher den Rath, zwey weit von einander abgesonderte Grade zu messen, z. B. einen unter dem Aequator selbst, den andern so nahe bey einem der beyden Pole, als man kommen könnte. Wenn nun da die Erde nicht kugelrund wäre, sondern die Grade vom Aequator an gerechnet beständig zunähmen, wie Newton behauptete, oder beständig abnähmen, wie Cassini's Messungen verlangten, so würde der Unterschied so merklich werden, daß kein Versehen in den Beobachtungen die wahre Gestalt der Erde zweifelhaft machen könnte. Man sahe wohl ein, daß es für die Astronomie, Geographie und Schiffahrt äußerst wichtig war, die wahre Gestalt der Erde so genau als möglich zu bestimmen. Die Französische Regie-

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1733.

b) Ibid. an. 1734.

Regierung war sogleich bereitwillig, eine der glänzendsten und für die Naturwissenschaft überhaupt vortheilhaftesten Unternehmungen in Ausführung zu bringen. Es wurden also zu Abmessung zweyer so nahe als möglich am Pol und Aequator gelegenen Grade die Herrn Bouguer, de la Condamine, Godin, Jussieu und Couplet nach Quito im nördlichen Theile von Peru, von Maupertuis, Clairaut, Camus, le Monnier und der Abt Outhier nach Lappland gesendet. Die erstern traten ihre Reise bereits im Jahre 1735 an, und die beyden Gebrüder, Don Georg Juan de Ulloa, ein spanischer Officier, und Antonio de Ulloa begleiteten die Akademisten. Die andern reisten das Jahr darauf ab, welche der berühmte schwedische Gelehrte Celsius begleitete. Diese vollendeten ihr Werk zuerst; sie hatten in den Jahren 1736 und 1737 bey der Stadt Torneå und dem Dorfe Pello einen Bogen des Mittagskreises gemessen, der fast Einen Grad enthielt, und gaben schon 1738 Nachricht von den gefundenen Resultaten c). Der gemessene Bogen betrug nach zwey verschiedenen Reihen von astronomischen Beobachtungen 57′ 27″ bis 57′ 30½″, woraus man das Mittel von 57′ 28¾″ nahm, und seine Länge, durch eine auf dem Eise gemessene Grundlinie von 7406 Toisen, und trigonometrische Berechnung der damit verbundenen Dreyecke bestimmt, fand sich 55023½ Toisen. Hieraus folgt der in Lappland

c) Figure de la terre, determinée par les observations des Mssrs. *de Maupertuis*, *Clairaut*, *Camus* etc. faites par l'ordre du Roi au cercle polaire. à Paris 1738. 8. Figur der Erde, bestimmt durch die Beobachtungen der Herrn von Maupertuis u. s. f. Zürich 1741. 8. Journal d'un voyage au Nord par Mr. l'abbé *Outhier*. Paris 1738. 8.

land gemeſſene Grad = 57437,9 Toiſen, und alſo 378 Toiſen größer, als alle in Frankreich gemeſſene, da er doch nach Caſſini's Berechnung 500 Toiſen kleiner ſeyn ſollte. Nach ihrer Zurückkunft in Frankreich 1739 prüften dieſe Abgeſandten den Bogen des Mittagskreiſes zwiſchen den Kirchen U. L. Fr. zu Amiens und zu Paris, den Picard zuvor gemeſſen hatte, rechneten aber doch die kleinen Aenderungen in den Declinationen der Sterne ab, die ſich zwiſchen den Zeiten, da die Beobachtungen an jenem Orte waren angeſtellt worden, zutrugen, und von den Abirrungen herrührten, die Picard noch nicht gewußt hatte. Sie fanden, daß Picard den Bogen des Mittagskreiſes zwiſchen dieſen beyden Kirchen faſt 8 Sekunden zu groß, und alſo den Grad 123 Toiſen zu klein gemacht hatte. Da man nun hiermit zu Stande gekommen war, und dieſen Grad mit demjenigen verglich, der in Lappland war gemeſſen worden, ſo ließ ſich mit Gewißheit ſchließen, daß die Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid ſey, und ſich die Axe der Erde zu des Aequators Durchmeſſer beynahe wie 177 : 178 verhalte [d]). Caſſini wollte zwar einige Einwendungen machen, und ihnen gewiſſe Berichtigungen, die ſie verabſäumt hätten, zur Laſt legen; allein nachdem ſie, beſonders Celſius [e]), gezeigt hatten, daß dergleichen nicht nöthig geweſen waren, daß aber wohl Caſſini ſelbſt bey ſeinen Meſſungen vieles in Acht zu nehmen verabſäumt hätte, woran noch weit mehr gelegen geweſen wäre, und beſonders nachdem auch die Akademiſten, welche nach Amerika gereiſet waren, wieder zurück kamen, ſo hörte auch bald nachher der ganze Streit auf.

Dieſe

d) Degré du meridien entre Paris et Amiens par les obſervat. de Mſr. *Maupertuis* etc. Paris 1740. 8.

e) Diſquiſitiones de figura telluris. Upſ. 1739.

Diese hatten wegen vieler vorgefallenen Beschwerlichkeiten mit ihrem Bogen des Mittagskreises nicht eher als 1742 fertig werden können, da sie mit 33 Dreyecken zwey auf dem höchsten Gebirge in Peru gelegene Oerter, Tarqui und Cochesqui, jenes südlich und dieses nordlich des Aequators, verbunden hatten. Die Weite des Bogens zwischen beyden fanden sie $3^{\circ}\ 7'\ 2''$ und die Länge der ganzen Mittagslinie 176940 Toisen, woraus die Größe eines Grades unter dem Aequator 56741 Toisen, also 442 Toisen geringer, als der nächste nördliche Grad um Paris, und 697 kleiner als der unter dem Polarkreise, aber 1285 kleiner, als er nach Cassini's Tafeln seyn sollte, wenn die Erde eine länglichte Gestalt gehabt hätte, gefunden ward. Solche große Unterschiede ließen sich keinem Fehler der Beobachtungen zuschreiben, besonders da diese mit außerordentlich genauen Werkzeugen angestellt, und der Sicherheit wegen oft wiederholt waren [f]). Dadurch ward es also außer allem Zweifel gesetzt, daß die Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid sey, und Newtons Meynung ward völlig bestätigt.

Alle nachfolgende Gradmessungen stimmen durchgängig hiemit überein, dergleichen de la Caille [g]) auf

f) La figure de la terre determinée par les observations des Mssrs. *Bouguer* et *de la Condamine* envoyés au Perou, par l'ordre du Roi, par Msr. *Bouguer*. Paris 1749. 4. Mésure des trois prémiers degrés du meridien dans l'hémisphère austral, par Msr. *de la Condamine*. Paris 1751. 4. Relacion historica del viage a la America meridionel di *Don Juan de Ulloa*. Madrid 1748. 4.

g) Diverf. observat. astronomiques et physiques faites au Cap de bonne espérance in Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1751.

auf dem Vorgebürge der guten Hofnung, Maſon und Dixon [h]) in Nordamerika, P. Joſeph Liesganig [i]) in Ungarn, der P. P. Maire und Boscowich [k]) auf Benedict XIV. Anordnung im Kirchenſtaate, und P. Beccaria und Abb. Canonica [l]) in Piemont unternommen haben. Folgende Tafel enthält die bis hieher gemeſſenen Grade des Mittagskreiſes in Toiſen.

Beobachter	Orte der Gegenden	Mittlere Breite	Länge des Grades
Bouguer	Peru	1° 20′ S.	57513
de la Caille	Vorgeb. d. g. Hofn.	33 18 S.	57037
Maſon	Penſylvanien	39 12 N.	56888
Boscowich	bey Rom	43 1	56979
Caſſini	Perpignan, Rhodes	44 33	57048
Beccaria	Turin	44 44	57138
Liesganig	Ungarn	45 57	56881
Caſſini	Rhodes, Bourges	46 14	57040
— —	Bourges, Paris	47 28	57071
Liesganig	Wien	48 43	57086
Caſſini	Paris, Amiens	49 20	57074
— —	Amiens, Dünkirchen	50 27	57092
Snellius	Holland	52 2	57145
Norwood	England	53 0	57300
v. Maupertuis	Lappland	66 19	57422

Wenn zwey Grade des Mittagskreiſes, welche unter verſchiedenen Breiten liegen, ihrer Größe nach bekannt

h) Philoſ. Tranſact. 1765. p. 326.

i) Dimenſio graduum merid. Viennenſ. et Hungar. 1770.

k) De litteraria expeditione etc. franz. mit Anmerk. Voyage aſtronomique et geograph. dans l'état de l'égliſe. 1770.

l) Gradus Taurinenſis 1774. 4.

kannt sind, so läßt sich berechnen, wie groß jeder Grad auf der ganzen Erde im Mittagskreise und in jedem Parallelkreise seyn muß. Hiebey wird aber natürlich vorausgesetzt, daß die Erdmeridiane unter sich alle gleich sind. Maupertuis [m]), Bouguer [n]), Clairaut [o]), Klingenstierna [p]) und Mallet [q]) haben hiezu Formeln gegeben. Allein Bouguer, der damals doch nicht mehr, als drey verschiedene Grade mit einander vergleichen konnte, fand nachher, daß die Erdmeridiane unter sich nicht gleich sind, und schrieb daher der Erde eine Krümmung anderer Art zu, welche auch de la Lande [r]) annimmt. Ueberdies hatte auch des Abt de la Caille Gradmessung am Vorgebürge der guten Hofnung Zweifel veranlaßt, ob die südliche Hälfte der Erdkugel eben so, wie die nördliche, gekrümmt sey.

Nähme man wirklich an, daß unsere Erde eine ellipsoidische Gestalt besitze, wovon die Meridiane vollkommen gleiche Ellipsen sind, so kommen gleichwohl auch bey dieser Voraussetzung immer noch andere Verhältnisse des Durchmessers zur Axe heraus, je nachdem man dieses oder jenes Paar von Graden vergleicht. Mallet giebt nach seiner auf die Natur der Ellipse gegründeten Formel folgendes an:

Ver-

m) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1733.
n) ibid. an. 1734.
o) Theorie de la figure de la terre. à Paris 1743. 8.
p) Abhandl. der kön. schwed. Akad. der Wissensch. 1744.
q) Allgemeine oder mathematische Beschreibung der Erdkugel, aus dem Schwed. von Röhl. Greifsw. 1774. 4.
r) Astronomie §. 2683.

Verglichene Paare von Graden	Verhältniß des Durchmeſſers zur Axe
Lappland, Frankreich	144,5 : 143,5
Cap der guten Hofnung, Peru .	180,7 : 179,7
Lappland, Peru . . .	215,2 : 214,2
Lappland, Cap d. gut. Hofnung .	240,6 : 239,6
Frankreich, Peru . .	300,6 : 299,6
Italien, Peru . . .	351,5 : 350,5

Das Mittel aus dieſen allen iſt 238,8 : 237,8, welches Newton's aus der bloßen Theorie hergeleitetem Verhältniſſe 230,6 : 229,6 nahe genug kommt. Euler hat die vier von Picard, Maupertuis, Bouguer und de la Caille gemeſſenen Grade dadurch in eine Ellipſe zu bringen geſucht, daß er jeden um etwas änderte. Daraus findet er dieſer Ellipſe Durchmeſſer zur Axe wie 230 : 229, welches Newton's Verhältniß ſelbſt iſt. Allein de la Caille war mit dieſen Aenderungen nicht zufrieden.

Mallet theilt analytiſche Berechnungen der ellipſoidiſchen Oberfläche und des körperlichen Inhalts mit, nach welchen

der Inhalt eines Meridians	5389 geograph. Meilen
die Oberfläche der Erde	8400165 Quadr. Meilen
der körperliche Inhalt	26690644000 Cubikmeilen

beträgt.

Das Verhältniß des Durchmeſſers zur Axe fanden

Maupertuis	wie	178 : 177
Bouguer	—	179 : 178
de la Caille	—	200 : 199
Ulloa	—	266 : 265
de la Condamine	—	300 : 299

Herr

Herr de la Lande nennt Größe oder Grad der Abplattung den Unterschied zwischen Durchmesser und Axe als Theil der letztern ausgedruckt, oder durch letztere dividirt, z. B. $\frac{1}{177}$, wenn beyder Verhältnisse 178 : 177 angenommen wird. In Decimaltheilen der Axe sind daher die Größen der Abplattung nach

Maupertuis	= 0,005649
de la Caille	= 0,005025
Newton	= 0,004348
de la Condamine	= 0,003344

Es ist merkwürdig, daß diese bisher erzählten Bemühungen vorzüglich durch die beobachtete Veränderung an der Länge des Sekundenpendels an verschiedenen Orten der Erde veranlaßt worden sind, denn schon Newton gebrauchte dergleichen Beobachtungen, um die aus seiner Theorie gezogenen Folgen damit zu bestätigen. Newton setzte nämlich voraus, daß die Erde durch den Umschwung um die Axe eine ellipsoidische Gestalt erhalten haben müsse, und berechnete daraus das Verhältniß des Durchmessers zur Axe = 230:229.

Wie sich nun die Schweren an den verschiedenen Stellen eines solchen Ellipsoids verhalten müssen, welches durch die Schwungkraft ins Gleichgewicht und in den Beharrungsstand gekommen ist, das macht den Gegenstand einer mathematischen Untersuchung aus, welche bereits Newton angefangen hatte. Maclaurin rr) hat ihn weiter verfolgt, unter der Voraussetzung, daß die elliptische Figur dem Gleichgewichte einer gleichartigen flüssigen Masse Genüge thue. Wenn man sich nämlich zwey flüssige Säulen, deren eine aus dem Mittel-

rr) Treatise of fluxions §. 662.

telpunkte des Sphäroids nach dem Pole, die andere nach einem beliebigen Punkte ſeiner Oberfläche geht, ſo erhellet, daß, wenn das Sphäroid ſehr wenig abgeplattet iſt, die nach den Richtungen dieſer Säulen zerlegten Schweren ſehr nahe die nämlichen wie die ganzen Schweren ſeyn werden. Theilt man daher die Länge der Säule in eine gleiche Zahl unendlich kleiner, dieſen Längen proportionirter Theile, ſo werden die Gewichte der zuſammengehörigen Theile ſich zuſammen verhalten, wie die Produkte aus den Längen der Säulen durch die Schweren in den Punkten der Oberfläche, wo ſie ſich endigen; die ganzen Gewichte dieſer Säulen werden alſo in dem nämlichen Verhältniſſe ſtehen. Im Falle des Gleichgewichts müſſen dieſe Gewichte gleich ſeyn, folglich ſind die Schweren auf der Oberfläche den Längen der Säulen umgekehrt proportionirt. Da alſo der Halbmeſſer des Aequators den des Pols um $\frac{1}{230}$ übertrifft, ſo muß die Schwere unter dem Pole die am Aequator um $\frac{1}{230}$ übertreffen. Auch, wenn die Maſſe der Erde nicht gleichartig wäre, hat Bouguer bewieſen, daß das Gleichgewicht noch möglich ſey, wenn die elliptiſche Geſtalt an ihrer Oberfläche und in den Schichten des innern Kerns vorausgeſetzt werde. Mit der Unterſuchung dieſes Gegenſtandes hat ſich noch Simpſon und der P. Friſi s) beſchäftigt. Bey der Vorausſetzung einer gleichartigen durchaus dichten Materie, oder wenigſtens einer gleichen Dichtigkeit in gleichen Abſtänden vom Mittelpunkte haben Alle folgende Reſultate gefunden: daß ſich die Schweren an verſchiedenen Orten der Erde ſehr nahe verkehrt, wie die

s) Disquiſit. mathematica in cauſam phyſicam figurae et magnit. telluris. Mediolani 1751. 4. u. De gravitate univerſali corporum libri III. Mediol. 1768. 4. Lib. II. c. 2.

die Abstände vom Mittelpunkte, imgleichen, wie die Cubikwurzeln aus den Halbmessern der Krümmung an den Stellen der Erdfläche verhalten; daß sich die Zunahme der Schwere vom Aequator nach dem Pole zu allemal wie das Quadrat des Sinus der Breite verhält u. s. w.

Die bisher angestellten Messungen hatten aber unläugbar gezeigt, daß die daraus gefundenen Resultate mit den von Maclaurin und Bouguer angenommenen Vorausseßungen, wie leßterer selbst schon gefunden hatte, nicht übereinstimmten; daher hat man angerathen, die Größe der Schweren lieber durch unmittelbare Versuche mit dem Pendel zu bestimmen.

Die Pendelversuche erfordern indessen einen sehr hohen Grad von Genauigkeit, wenn sie etwas sicheres lehren sollen. Huygens hatte aus Versuchen die Länge des Sekundenpendels zu Paris = 440,5 Linien gefunden. Der Herr von Mairan[t]) giebt seine Bestimmung von 440,5666 — — — Lin. für Paris als das, was er der Wahrheit am nächsten kommend, aus vielen Ursachen habe schließen können. Diese Angabe ist um $\frac{1}{15}$ Linie größer, als die von Huygens. Herr de la Lande[u]) berichtet aber, Mairan habe sich einer unrichtigen Toise bedient, und bringt die von ihm angegebenene Pendellänge in seiner Tafel auf 440,52 Linie. Bouguer fand, wie de la Lande in eben der Tafel angiebt, 440,67. Der Herr von Mairan beschreibt in der eben angeführten Abhandlung umständlich, wie dergleichen Versuche anzustellen sind.

t) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1735.

u) Astron. §. 2638.

ſind. Er hat ſich dabey einer Pendeluhr und eines Gewichts an einem langen Faden bedient, wozu ſehr häufig Fäden von einer Art Amerikaniſcher Aloe gebraucht werden, daher man die damit verſehenen Pendeln auch Pitt-Pendel zu nennen pflegt. Weil das Gewicht dabey nicht allemal in einer Vertikalfläche bleibt, ſondern mit dem Faden koniſche Schwünge beſchreibt, ſo hat Clairaut x) ſolche Bewegungen unterſucht.

Seit 1728 ſind folgende Pendelverſuche vorgenommen worden: Graham im Jahre 1731 zu London, auf Jamaika Campbell y); im Jahre 1735 Mairan zu Paris, ſo wie auch Bouguer, Godin u. andere. Zur leichtern Ueberſicht ſind ſie in folgende Tafel zuſammengeordnet worden:

Pendellängen durch unmittelbare Meſſungen beſtimmt.

Beobachter	Ort	Breite	Sekundenpendel in Pariſ. Linien
Bouguer	Pichincha, 2400 Toiſen hoch	0° 13′	438,69
— —	Quito, 1500 Toiſ. hoch	0 25	438,82
— —	Quito, am Meer	— —	439,10
Richer	Cayenne	4 56	439,32
Bouguer	Panama	8 35	439,20
Godin	Portobello	9 33	439,08
— —	Klein Goava	18 27	439,37
Ulloa	Guarico	19 46	439,32
de la Caille	Cap der gut. Hofnung	33 55	440,05
Jacquier	Rom	41 54	440,28 Picard

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1735.

y) Philoſoph. Tranſact. 1734. p. 302.

Beobachter	Ort	Breite	Sekundenpend. in Pariſ. Linien
Pikard	Bayonne	43° 30′	440,50
Liesganig	Wien	48 12	440,56
Richer	Paris	48 50	440,60
Mairan	—	— —	440,57
Graham	London	51 31	440,60
Lulofs	Leiden	52 9	440,71
Mayer	Greifswald	54 4	440,83
	Archangel	64 33	441,10
	Kola	68 52	441,31

Pendellängen durch Vergleichung der Schwingungszahlen bestimmt.

Beobachter	Ort	Breite	Sekundenpend. in Pariſ. Lin.
Condamine	Para	1° 28′	439,22
Campbell	Jamaica	18 0	439,44
Mairan	Paris	48 50	440,57
Graham	London	51 31	440,65
Celſius	Upſal	59 2	440,91
Griſchow	Dörpt	59 26	440,92
—	Reval	59 26	440,95
Mallet	Petersburg	59 56	441,02
Maupertuis	Pello	66 48	441,17
Mallet	Ponoi	67 5	441,22

Die Schweren an dieſen Orten verhalten ſich unter einander, wie die angegebenen Pendellängen.

Bouguers Verſuche zeigen, daß die Schwere an ein und demſelben Orte in großen Höhen geringer iſt, als an der Meeresfläche. Daſſelbe Pendel machte in 24 Stunden:

am Ufer des Amazonenfluſſes 98770
zu Quito — — — 98740
auf dem Pichincha — — 98720
Schwünge.

Nachdem man dieſe Angaben mit dem aus der Theorie gezogenen Satze, daß ſich nämlich auf einem Sphäroide die Zunahme der Schwere vom Aequator an gegen den Pol gerechnet wie das Quadrat des Sinus der Breite verhalte, verglich, ſo fand man, daß ſie mit dieſem Geſetze nicht vollkommen übereinſtimmten. Inzwiſchen ſind doch die Abweichungen nicht beträchtlich, ſo daß man daraus die Länge des Sekundenpendels unterm Pole ſelbſt beſtimmt hat. Da ſich nämlich die Pendellängen wie die verſchiedenen Schweren verhalten, ſo verhalten ſich auch die Zunahmen der Pendellängen, wie die Quadrate der Sinus der Breiten. Eine Vergleichung iſt folgende:

Pendellänge zu Paris = 440,57 Lin.
— — Quito = 439,10 —

		Logarithmen
Zunahme vom Aequator bis Paris	= 1,47	- - 0,1673173
Quadrat des Sinus der Breite des Pols 90°	= - -	20,0000000
Quadrat des Sinus der Pariſ. Breite - -	= - -	20,1673173 19,7533570
Zunahme v. Aequat. bis Pol	= 2,594	- 0,4139603
Pendellänge unterm Aequat.	= 439,10	
Pendellänge unterm Pol	= 441,694 Linien.	

Daraus ergiebt ſich das Verhältniß der Schweren unterm Aequator und Pol, welches zugleich das verkehrte Verhältniß des Erddurchmeſſers zur Axe iſt, wie

wie 43910:44169 oder wie 169:170. Dieß weicht von dem, was aus den wirklich gemessenen Graden gefunden worden ist, nicht viel ab. Andere Oerter statt Paris genommen werden beständig andere Resultate geben. Als ein Mittel aus vielen der zuverlässigsten Beobachtungen nimmt Mallet 199:200 an.

Oberfläche der Erde.

Die Oberfläche unserer Erde ist höchst ungleich; bald steigt sie mehr oder weniger schnell in die Höhe, bald senkt sie sich, und bildet Thäler, bald läuft sie in weit ausgedehnten Ebenen fort. Schon Plinius hatte den Gedanken, daß die großen Bergketten der Erdfläche durchgängig zusammen hangen. Buache [z]) hat ihn weiter verfolgt, und eine Bergkarte bearbeitet, welche ihren Gang auf eine sehr erläuternde Art darstellt. Seine Beobachtungen scheinen folgende Resultate zu geben: 1. daß sich die Bergketten nicht allein auf dem festen Lande befinden, sondern sich auch unter dem Meere weiter erstrecken, und unter einander in Verbindung stehen, so daß sie wahrscheinlich dienen, dem Erdkörper mehr Festigkeit und Zusammenhang zu geben, 2. daß diese Berge das Meer in verschiedene Bassins theilen, welche auf keine andere Art mit einander verbunden sind, als daß die Gewässer über die Berge gehen. Genauere Vorstellungen der Bergketten, als Buache, giebt Lehmann [a]). Viele haben in der Richtung der Bergketten eine gewisse regelmäßige Anordnung finden wollen. So läßt Buffon [b]) die Richtung der Hauptreihen in Amerika von Nor-

2) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris an. 1752.

a) Specimen orographiae generalis. Petrop. 1762. 4.

b) Histoir. natur. der Ausgabe in 8. Vol. II. p. 17.

Norden nach Süden, in der alten Welt aber von Weſten gen Oſten laufen; ändert dieß aber [c]) dahin ab, daß auch in der alten Welt die höchſten Gebirge von Norden nach Süden laufen, und die nach andern Richtungen bloß Seitenäſte ſeyn ſollten. Bourguet [d]) und mit ihm Buffon, Bertrand und de la Lande fanden in der Geſtalt und Lage eine allgemeine Aehnlichkeit mit den Feſtungswerken, wo einwärtsgehende und hervorſpringende Winkel in parallelen Linien einander gegen über ſtehen.

Die Höhen der Berge auf unſerer Erde ſind auſſerordentlich verſchieden. Die höchſten Gebirge finden ſich in Amerika. Die Höhen der vorzüglichſten Berge, welche bis hieher theils geometriſch, theils barometriſch ſind gemeſſen worden, enthält folgende Tafel

Amerikaniſche Gebirge

	Toiſen über der Meeresfläche.	
Chimboraço - -	3220 —	Condamine
Cayambe-orcou -	3030 —	ebend.
Antiſana - -	3020 —	ebend.
Cotovaxi - -	2950 —	ebend.
Coraçon, die gröſte von Menſchen erſtieg. Höhe	2470 —	ebend.
Pichincha - -	2430 —	ebend.
Die Stadt Quito -	1462 —	ebend.

Afrikaniſche

Pic auf Teneriffa -	2213 —	P. Feuillée
	2070 —	Bouguer

die Europäiſchen Berge ſind gröſtentheils erſt in den neueſten Zeiten gemeſſen worden.

Sonſt

c) Supplem. à l'hiſtoire natur. T. IX. p. 440.
d) Mém. ſur la theorie de la terre bey ſ. Lettres ſur la formation des ſels Amſt. 1729. 8.

Sonst war man der Meynung, daß die dünnere Luft auf den hohen Bergen das Athmen sehr erschweren müsse. Allein schon Bouguer und de la Condamine haben bey ihren Abmessungen auf den hohen Gebirgen in Peru diese Meynung ungegründet befunden.

Besonders merkwürdig für den Physiker sind die vulkanischen Gebirge, welche unläugbare Spuren von der Veränderung der Oberfläche der Erde zurückgelassen haben. Ihre außerordentlich große Wirkung und ihr Anblick übertrifft nach dem Zeugnisse der Beobachter alle Vorstellung, welche man sich davon machen kann. Nachrichten von den Ausbrüchen des Vesuv finden sich bey Paragallo [e]), du Perron de Castera [f]) und beym P. della Torre [g]). Beschreibungen einzelner Ausbrüche finden sich in den philosophischen Transactionen [h]), beym Mercati [i]), und des großen Ausbruches von 1767 bey Catani [k]) und Gaetano de Bottis [l]).

Der Aetna oder Monte Gibello in Sicilien ist noch weit fürchterlicher als der Vesuv. Die Ströme

seit

e) Istoria naturale del monte Vesuvio. Neap. 1705. 4.
f) Histoire du mont Vesuve trad. de l'Ital. à Paris 1741. 12.
g) Storia e fenomeni del Vesuvio. Nap. 1755. 4. Histoire et phénomenes de Vesuve, exposées par le P. *de la Torre.* à Napl. 1776. 8. übers. von Lentin. Altenb. 1783.
h) 1730. n. 424. 1733. u. 1737. n. 455. 1751. Vol. XLVII. XLIX. LII.
i) Raconto istorico-filosofico del Vesuvio. Nap. 1753. 4.
k) Lettera critica filosofica su della Vesuviana eruzzione accaduta nell' anno 1768. 4.
l) Ragionamento historico del incendio del Vesuvio. Napoli 1768. 4.

ſeiner Lava erreichen oft eine Länge von mehreren Meilen, und haben bis 50 Fuß Tiefe. Gewöhnlich fließen ſie ins Meer, und bilden ſteile Küſten mit Gruppen von ſehr unregelmäßigen Geſtalten. Seitdem Lemery den im 2ten Theile S. 569. angeführten Verſuch mit einer Miſchung von Eiſenfeile, Schwefel und Waſſer, welche ſich von ſelbſt entzündet, und im Kleinen eine Art feuerſpeyender Berge darſtellt, gemacht hat, iſt auch faſt allgemein angenommen worden, daß das unterirdiſche Feuer durch das Verwittern der Schwefelkieſe bey hinlänglichem Zutritte der Luft und des Waſſers entſtehe. In der Folge hat man dieß dadurch glaublicher zu machen geſucht, daß man die vulkaniſchen Produkte ſowohl, als auch die Beſchaffenheit der Oerter, wo ſich Vulkane zeigen, näher unterſucht hat. Ein merkwürdiger Umſtand bey den Ausbrüchen der Vulkane iſt dieſer, daß ſie gewöhnlich von elektriſchen Erſcheinungen begleitet ſind. Da die Lehre der Elektricität in dieſem Zeitraume ſchnelle Fortſchritte gemacht hatte, und man von ihrer erſtaunlichen Wirkung überzeugt ward, ſo kann man ſich leicht denken, daß man auch, um die gewaltſamen Ausbrüche der Vulkane zu erklären, zur Elektricität ſeine Zuflucht nahm. Beccaria [m]) iſt ſonſt zwar geneigt, mancherley mit Blitzen begleitete Naturerſcheinungen von der Elektricität abzuleiten; allein er wagt es doch nicht zu behaupten, daß der gewaltſame Ausbruch der feuerſpeyenden Berge bloß von der Elektricität abhange, er begnügt ſich vielmehr, Nachrichten von Blitzen aus Vulkanen beyzubringen. In der Folge aber haben Einige den Urſprung der Vulkane bloß von der Elektricität ableiten wollen.

Mit

m) Lettere dell' elettriciſmo. p. 226.

Mit den Vulkanen stehen die Erdbeben in der genauesten Verbindung, und ihre Entstehung ist auch größtentheils eben so, wie die der Vulkane, erklärt worden. Die fürchterlichsten Erdbeben dieses Zeitraums sind die von den Jahren 1746, und 1755. Das erste verwüstete Callao, und die Stadt Lima, welche schon seit dem 15ten Jahrhunderte häufigen Anfällen des Erdbebens ausgesetzt gewesen war. Am ersten Nov. 1755. ward Lissabon durch ein schreckliches Erdbeben zerstört, welches man zu gleicher Zeit auf einem sehr großen Theile der Erdfläche von Grönland an bis nach Afrika empfand. In Norwegen, Schweden, Deutschland, der Schweiz, und an mehreren Orten bemerkte man es zwar nur an den ungewöhnlichen Bewegungen des Wassers; aber verschiedene Orte in Frankreich, fast ganz Spanien, Marocco, Salee, Fez, Tetuan und Cadix wurden von ernsthaftern Folgen desselben betroffen. Selbst in Amerika bemerkte man Spuren dieser Erderschütterung. Sie war von einer gewaltsamen Erhebung des Meeres begleitet, welche eine fast allgemeine Ueberschwemmung der westlichen Küsten unseres festen Landes veranlaßte. Das Gewässer des Tago ergoß sich zu verschiedenen mahlen über die Trümmer der bereits zerstörten Stadt [n]).

Der erste, welcher die Entstehung der Erdbeben gänzlich von der Elektricität herleiten will, ist Stukkeley [o]). Zwey zu London am 8. Februar und 8. März verspürte schwache Erdbeben hatten ihm dazu Ver-

n) S. *Sam. Christ. Hollmann* de terrae motibus inprimis nupero Ulyssipponensi in Syllog. commentat. p. I.

o) Letter to *Martin Folkes* on the causes of Earthquakes. Philos. Transf. Vol. XLVI. n. 497. The philosophy of Earthquakes natural and religious. Lond. 1750. 8.

Veranlassung gegeben. Zuerst bestreitet er die gemeine Meynung, daß sie von unterirdischen Winden, Feuer, Dämpfen oder sonst etwas, was eine Explosion verursache, und den Erdboden erhebe, herrühren, mit einigen nicht sehr triftigen Gründen. Es sey, sagt er, noch unerwiesen, daß die Erde aus Klüften und Höhlungen bestehe; vielmehr habe man Grund zu vermuthen, daß sie größtentheils dicht sey, und wenig Raum zu ihren inneren Veränderungen und Aufbrausungen innerhalb ihrer Substanz übrig lasse; wie man denn auch, wenn sich Kohlengruben entzündeten, nichts, was einem Erdbeben ähnlich wäre, bemerke. Bey dem letztern Erdbeben, welches am 30. Sep. 1750 in London und andern Orten verspürt worden, habe man kein Feuer, keinen Dampf, Rauch, Geruch, oder einen Ausbruch von irgend einer Art bemerkt, obgleich die Erschütterung sich auf 30 Meilen im Durchmesser erstreckt habe. Wären Dämpfe und unterirdische Gährungen, Explosionen und Ausbrüche die Ursache der Erdbeben, so müßte, wo sie auch nur ein einziges mal gewesen wären, nothwendig dadurch das ganze System der Quellen und Brunnen gestört werden, dergleichen man aber nie bemerkt habe. Die Theorie der Minen lehre, daß eine 30 Meilen weit reichende Erschütterung eine 15 bis 20 Meilen tiefe wirkende Kraft erfordere; also müßten die Dünste, oder was sonst unterirdisches die Erdbeben verursachen sollte, 15 bis 20 Meilen tief unter der Erde liegen. Nach dieser Theorie müßte die unterirdische Kraft des Erdbebens in Kleinasien im 17ten Jahrh. nach Chr. Geb. aus einer Tiefe von 200 Meilen herauf und mit einer solchen Kraft gewirkt haben, welche durch Dämpfe gar nicht hervorgebracht werden könnte. Nach gehöriger Prüfung aller dieser Umstände habe er allemal ein Erdbeben

ben für einen elektrischen Schlag von gleicher Beschaffenheit mit denjenigen, welche jetzt beym elektrischen Experimentiren gemein geworden wären, gehalten, und er glaube, daß diese seine Meynung durch diejenigen Erscheinungen bestätigt würde, welche gewöhnlich vor Erdbeben vorher zu gehen und dieselben zu begleiten pflegten.

Fünf bis sechs Monate vor dem erstern Erdbeben war eine ungemein warme und trockene Witterung gewesen; der Wind hatte beständig von Westen und Südwesten gewehet, und zwar ohne zu regnen, welches sonst bey diesen Winden ungewöhnlich ist, so daß die Erde in einen Zustand der Elektricität versetzt seyn mußte, welcher zu der elektrisirten Bewegung geschickt war. Hiebey bemerkt er zugleich, daß die nördlichen Gegenden der Erde dem Erdbeben weniger ausgesetzt wären, als die südlichen. In der ganzen Gegend von Lincolnshire, ohnerachtet dieselbe einen sumpfigen Boden hat, war vor dem Erdbeben im September während des vorhergehenden ganzen Sommers und Herbstes eine solche Dürre auf der Oberfläche der Erde gewesen, daß die Einwohner ihr Vieh einige Meilen weit zur Tränke haben führen müssen. Dieß zeige, wie geschickt die Erdoberfläche zu einer schwingenden elektrischen Bewegung gewesen sey, und daß Erdbeben sich nicht sehr tief unter der Oberfläche der Erde erstreckten.

Vor dem Erdbeben zu London waren alle Gewächse ungewöhnlich frühzeitig hervorgekommen; es hatten nämlich zu Ende des Märzes in diesem Jahre alle Arten Gartengewächse, Blumen und Bäume so stark getrieben, als es sonst in der Mitte des Aprils gewöhnlich ist; man wisse aber, daß die Elektricität das Wachsthum der Pflanzen befördere. Auch das Nord-

licht habe sich um diese Zeit öfter gezeigt, und sey vor dem Erdbeben zweymal und zwar mit ganz ungewöhnlichen Farben erschienen. Ueberdem hatte sich selbiges, als sonst etwas ungewöhnliches in England, mehr nach Süden hingezogen, so daß einige Italiäner, und Personen von andern Orten, wo Erdbeben häufig sind, Erdbeben ahndeten. Vierzehn Tage vor dem Erdbeben im September war die Witterung heiter und still, und an einem Abend zeigte sich ein hochrothes Nordlicht, welches mit einem fürchterlichen Ansehen den ganzen Himmel bedeckte. Fast durch ganz England war das ganze Jahr wegen der häufigen Feuerkugeln, Gewitter und Wetterleuchten merkwürdig gewesen. Alle diese Meteore aber wären hinreichende Beweise des elektrischen Zustandes der Atmosphäre. Bey allen diesen vorausgegangenen Umständen habe nichts weiter gemangelt, als die Annäherung eines unelektrischen Körpers, welcher von außen her aus der Gegend der Atmosphäre hinzu kommen mußte. Daraus schließt er also, daß, wenn eine unelektrische Wolke irgend einem Theile der Erde in diesem höchst elektrischen Zustande nahe genug komme, nothwendig ein Erdbeben erfolgen müsse. So wie nun die Entladung aus einer elektrisch gemachten Röhre in dem menschlichen Körper eine Erschütterung hervorbringe, eben so müsse die Entladung der Elektricität aus einer Strecke von einigen Meilen Erde nothwendig ein Erdbeben, und das Geräusch von dem Berühren das damit begleitete schreckliche ungewöhnliche Getöse seyn.

Stuckeley erhielt von denjenigen, welche in der Nacht vor dem Erdbeben, und des Morgens unter freyem Himmel gewesen waren, die Versicherung, daß in der Luft ein häufiges Wetterleuchten gewesen, und daß

daß kurz vor dem Erdbeben die Atmosphäre von einer großen und schwarzen Wolke plötzlich überzogen worden sey, welche durch die Entladung eines Platzregens die Erschütterung vermuthlich veranlaßt habe. D. Childrey, sagt er, bemerkt, daß Erdbeben allemal nach Regen und starken und plötzlichen Regengüssen, zur Zeit einer großen Dürre, zu erfolgen pflegen.

Von der Themse nach Templegarten ward ein düsteres Getöse bemerkt, welches der Gärtner im Templegarten, der der Königl. Gesellschaft Nachricht davon überbrachte, für eine starke Salve von Schiffgeschütz auf dem Flusse gehalten hatte, und dieß Getöse war vor dem Wanken der Häuser vorausgegangen; andere, welche vom Erdbeben geschrieben, führten die Bemerkung an, daß gemeiniglich das Getöse vor dem Stoße vorhergehe; da doch gerade das Gegentheil erfolgen müßte, wenn die Erschütterung von einem Ausbruche unterirdischer Dünste verursacht würde. Dieß Getöse, welches gewöhnlich bey den Erdbeben statt findet, läßt sich nach Stuckeley's Meynung nicht anders, als aus Grundsätzen der Elektricität erklären.

Die Flammen und Schwefelgerüche, welche man bisweilen bey den Erdbeben bemerke, lassen sich nach Stuckeley weit natürlicher dadurch erklären, wenn man sie für elektrische Erscheinungen hält, als wenn man behauptet, daß sie durch den Ausbruch von irgend etwas aus dem Innern der Erde veranlaßt würden.

Der Eindruck, welchen ein Erdbeben auf Wasser und Land bis zu den weitesten Entfernungen verursache, geschehe in einem einzigen Augenblicke, wie es bloß durch Elektricität bewerkstelligt werden könne. Bey dem Erdbeben im September ward die Erschütterung

in einem Raum von 100 Meilen in der Länge, und 40 in der Breite, empfunden, und zwar in ein und der nämlichen Zeit. Daß eine solche Strecke, welche an 4000 Quadratmeilen Oberfläche ausmache, in einem einzigen Augenblicke in eine so heftige Erschütterung versetzt werde, sey ein Wunder, welches man nie glauben und begreifen könnte, wenn wir nicht die Erfahrung davon hätten. Man finde aber hiezu keine einzige natürliche Kraft hinreichend, als die Kraft der Elektricität, welche keine merklichen Grenzen kenne.

Der kleine Schaden, welchen gemeiniglich die Erdbeben anrichten, ist nach Stuckeley ein Beweis, daß diese bloß durch eine wellenförmige Bewegung der Erdoberfläche vermöge der elektrischen Wirkung veranlaßt werden. Wenn eine solche Bewegung dem Wasser beygebracht werde, welches an die Böden der Schiffe und Boote anschlage, so verursache dieß in selbigen den nämlichen Stoß; und von Millionen gemeiner Wohnhäuser, worüber er hinwegfahre, stürze kein einziges um. Dieß zeige, daß diese Bewegung nicht von einer Erschütterung in den Eingeweiden der Erde habe herrühren können, sondern es sey vielmehr eine gleichförmig schwingende Bewegung längst der Oberfläche gewesen.

Daß Erdbeben elektrische Erscheinungen wären, erhelle ferner aus ihren vorzüglichen Wirkungen, welche sie auf die Seeküste, und auf Oerter längst den Ufern äußerten. Das Erdbeben im September habe sich meistentheils nach Norden und Süden erstreckt, welches die Richtung des Spaldingflusses sey, wodurch es nach dem Meerufer, von da die britannische Meerenge hinauf, und so durch den Bodenfluß nach Lincoln geleitet ward. Der größte Theil der Wirkun-

kungen dieses Erdbebens erstreckte sich längst und zwischen den beyden Flüssen Welland und Avon, und zwar von ihren Quellen an, nach ihren Mündungen hinab. Es erreichte dasselbe auch den Fluß Witham, welcher den elektrischen Strom auf solche Art auch nach Lincoln richtete; daher er auch, weil er gerade dem von Boston kommenden begegnete, am merklichsten daselbst gefühlt ward.

Endlich führt Stuckeley als einen Beweis für seine Meynung an, daß nach den beyden Stößen viele Leute Schmerzen in den Gelenken und Rücken verspürten, eben so wie nach dem Elektrisiren; und daß viele, besonders die von schwacher Beschaffenheit des Leibes und der Nerven, den ganzen Tag darnach, und Einige noch länger, Kopfschmerzen und Nervenzufälle empfanden.

Wie aber die Erde und die Atmosphäre in einen solchen Zustand der Elektricität und der schwingenden Bewegung gekommen sey, so daß auf solche Art ein Erdbeben entstehe, und aus welcher Quelle die elektrische Materie komme, unterstehet sich Stuckeley nicht zu bestimmen, sondern er hält es zu erklären für eben so schwer, wie den Magnetismus, die Schwere, die Muskelbewegung, und verschiedene andere Geheimnisse in der Natur.

Hales [p]) hielt bloß die schwächern Erschütterungen, welche nicht durch nahe Vulkane verursacht werden, für Wirkungen der Entzündung aufsteigender Schwefeldämpfe durch das Blitzen einer schwefelichten Wolke.

Von

p) Some considerations on the causes of Earthquakes in den Philos. Transact. Vol. XLVI. n. 497.

Don Andreas Bina q) verſuchte ebenfalls die Erdbeben von der Elektricität herzuleiten. Er kam auf den Gedanken, die Erdbeben aus dem ſogenannten Leydener Verſuche zu erklären. Wenn man unterirdiſche Waſſerbehälter annimmt, ſagt er, ſo laſſe ſich eine wahrſcheinliche Urſache der Erdbeben aus dem Leydener Verſuche herleiten. Waſſerbehältniſſe, welche ſich in der Erde befinden, können die Stelle der Flaſche vertreten; und alsdenn werden die Röhren, welche durch den Erdkörper laufen, die Stelle des eiſernen Drathes verſehen, und die Erde über dieſen Röhren wird das nämliche empfinden, was der Menſch fühlt, der bey Watſon's Verſuch, durch welchen er die Wirkungen der Minen nachzuahmen ſuchte, über dem Drathe ſtand; es wird ſich nämlich erheben und erſchüttert werden, ſobald eine Quantität brennbarer Stoffe in irgend einer unterirdiſchen Höhle Feuer fängt; alsdenn wird ſich in der daſelbſt eingeſchloſſenen Luft die elektriſche Kraft erregen, ſich den Röhren mittheilen, und von da in die Waſſerbehältniſſe ſammlen. Der Stoß wird daſelbſt ſtärker und die Erſchütterung heftiger ſeyn, wo man ſich über den Waſſerröhren befindet, von welchen ein Theil die elektriſche Kraft von der Luft empfängt. An andern Stellen wird die Erſchütterung ſchwächer ſeyn, ſo wie jemand bey Watſon's Verſuch, welcher denjenigen, der eigentlich den Funken herauszieht, bey der Hand hielte, auch eine ſchwächere Erſchütterung empfinden würde. Man muß daher die Vorausſetzung annehmen, daß, wenn eine Erſchütterung ſtatt finden ſoll, ſich ein Theil nahe bey

q) Ragionamento ſopra la cagione de' terremoti ed in particolare di quello della terra di Gualdo di Nocera nell Umbria ſequita l'An. 1751. Perugia. 4.

bey einem elektrisirten Behältnisse befinden müsse. Dieß wird sich ereignen, wenn sich durch eine ungewöhnliche Geschwindigkeit der elektrischen Röhren die Behältnisse mehr als gewöhnlich anfüllen, und das Wasser sich in ihnen zu einer außerordentlichen Höhe erhebt; auf solche Art wird es sich an einem Orte dem Erdreiche nähern, und nun wird eine elektrische Explosion entstehen. Das dadurch erhobene Erdreich fällt durch sein eigenes Gewicht wieder zurück, und senkt sich; dadurch nähert es sich vorerwähntem elektrischen Wasser, und wird also in solchen abwechselnden Bewegungen nach Richtungen, welche durch die Stöße bestimmt werden, fortfahren, so lange ihnen das Wasser Kraft dazu mittheilen kann. Da überdem die Schichten von Pech und Schwefel, welche die unterirdischen Wasserbehältnisse bekleideten, nothwendig naß wären, so würden sie im gegenwärtigen Falle desto geschickter zur Explosion seyn. Daher wären Oerter, wo sich warme Quellen befänden, dem Erdbeben mehr unterworfen, als andere; einmal, weil nach Jallaberts Erfahrung der elektrische Stoß stärker werde, wenn das Wasser in der Flasche koche; zweytens, weil daselbst eine Menge schwefelichter und pechartiger Theilchen sey, welche vorzüglich die elektrische Kraft zu verstärken dienten.

Bina wendet seine Hypothese noch auf verschiedene Umstände des Erdbebens an, welches die terra di Gualdo fast verwüstet, und mit wiederholten Erschütterungen nicht nur die Stadt Perugia, sondern ganz Umbrien und die benachbarten Provinzen beunruhigt hat. Die ersten Erschütterungen ereigneten sich zwischen 2 und 3 Uhr des Nachmittags, den 27 Heumonats, und zwischen 5 und 6 Uhr empfand man zwey, die heftiger waren, und länger dauerten, als die vor-

hergehenden; die ſtärkſten aber, durch welche ein alter und ſehr hoher Glockenthurm umgeſtürzt, und ſehr viele andere Gebäude zu Grunde gerichtet wurden, ereigneten ſich zwiſchen 6 und 8 Uhr derſelben Nacht, und hielten eine Viertelſtunde lang an. Nachdem es zu Ende war, zeigte ſich auf dem Gipfel des Berges Saraſanta ein Rauch wie ein dicker Nebel, der auf eine große Weite einen ſehr heftigen und unerträglichen Geruch, wie verbranntes Papier, oder brennender Schwefel, verbreitete.

Kurz vor den Erſchütterungen hörte man ein Getöſe, welches den Einwohnern von Gualdo ein Zeichen des nahen Erdbebens war. Es klang wie der Knall eines großen Geſchützes, und ſeine Stärke war der Heftigkeit des darauf erfolgenden Stoßes gemäß.

Nach Bina's Hypotheſe ſtand Gualdo auf dem Drathe, und zog den elektriſchen Funken heraus. Der Berg Saraſanta zeigt durch ſeine vielen Quellen, daß er voll Feuchtigkeit ſey; vielleicht wäre er ein feuerſpeyender Berg geworden, wenn es ihm nicht an Metall gemangelt hätte, die elektriſche Kraft durch, und heraus zu führen.

Die Akademie der Wiſſenſchaften zu Rouen gab für das Jahr 1757 folgende Preisaufgabe auf: die Urſache der Erdbeben zu beſtimmen. Isnard [r]) erhielt den Preis, und Thomas [s]) das Acceſſit. Der erſtere glaubte ebenfalls keine beſſere Urſache, als die Elektricität, zu finden. Der Recenſent dieſer Schrift machte aber gegen die Erklärung der Erdbeben aus der Elek-

r) Mém. ſur les tremblemens de terre. 1757. 12.

s) Mém. ſur la cauſe des tremblemens de terre. à Paris 1757. 12.

Elektricität folgende nicht ungegründete Einwürfe. Wenn man die Elektricität als die einzige Ursache der Erdbeben annehmen wolle, so müßte man mehr ins Detail gehen, und alle mögliche Erscheinungen, die sich bey den Erdbeben einfänden, mit den elektrischen vergleichen, und zeigen, daß die elektrische Materie das einzige Agens wäre, um daraus das ganze Phänomen zu erklären. Das verdiene den Nahmen einer Theorie nicht, wenn man daraus nur einige, wenn es auch die erheblichsten Umstände eines Phänomens wären, herleiten könnte; nur alsdenn könne sie erst so heißen, wenn sich alle mögliche Erscheinungen, welche das ganze Phänomen enthalte, daraus natürlich ableiten ließen t).

Thomas glaubte dagegen, daß die nächste und unmittelbare Ursache der Erdbeben in schwefelhaltigen, harzigen und metallischen Stoffen zu suchen sey, welche die Erde in sich schließe. Seinen Beweis stützt er auf eine Menge von Beobachtungen, welche in verschiedenen Orten gemacht worden sind. Wenn nämlich, sagt er, eben angeführte Stoffe bey allen Ausbrüchen, welche auf die Erdbeben folgen, wahrgenommen werden, so müsse auch das ganze Phänomen von ihnen herrühren. Dieser Satz sey für sich klar. Denn bey allen Ausbrüchen der Erdbeben sehe man augenscheinlich Schwefel, Harz, Metalle und Salpeter ꝛc. Diese Substanzen könnten aber weder in eine Gährung, noch endlich zur Flamme kommen, wofern nicht ein großer Theil Luft mit im Spiele wäre, ohne welche daher auch nicht einmal ein Erdbeben statt finden könnte. Nähme

t) Journal des savans. an. 1758. Aout. Tom. XXXVII. p. 73.

me man alſo an, daß ſich eine große Quantität Luft in die Höhlungen der Erde begeben hätte, ſo würde dies eine neue Urſache der Bewegung und der Gährung eben genannter Materien ſeyn; dieſe dehnten die Luft um ſie herum aus, wodurch ſie mehr Gewalt, als vorher im zuſammengepreßten Zuſtande, erhielt. Auſſer der Luft findet er auch noch eine vorzügliche Urſache des Erdbebens in dem Waſſer. Er ſagt, die erſtaunenswürdige Wirkung deſſelben ſey bekannt genug, wenn nur einige Tropfen auf ſchmelzendes Metall gebracht würden, welche oft die gewaltſamſten Exploſionen veranlaßten. Daß ſich die Erdbeben zu gleicher Zeit auf eine große Erdſtrecke verbreiteten, ſucht er aus der Mittheilung der unterirdiſchen Feuer zu erklären.

Nils Gisler u) hatte bey einigen in Weſtnordland im Jahre 1752 ſich ereignenden Erdbeben folgendes Merkwürdige beobachtet:

1. Daß die Erſchütterung der Erde jetzt, wie zuvor, ſehr oft ihren Gang in Südweſt und Nordoſt nach der Seeküſte zu gehabt hat.

2. Daß ſie durch eine Strecke Landes, das 40 Quadratmeilen beträgt, gegangen iſt, und ſolches zu einer Zeit erregt hat.

3. Daß ſie die großen Inſeln in der See, die mit tiefem und breitem Waſſer umgeben ſind, gleich frey und mit eben der Kraft erſchüttert hat, wie das feſte Land, ſo wie auch dieſe Erſchütterung gleich ungehindert und ſtark, auf beyden Seiten der breiten und tiefen ängermanniſchen Elbe gegangen iſt.

4. Daß die erſchütternde und tobende Kraft an einigen Orten nur Erſchütterungen in der Luft mit einem dum-

u) Abhandl. der ſchwed. Akademie der Wiſſenſch. J. 1753. der Ueberſ. S. 69. u. f.

dumpfen Schalle und starkem Sausen erregt, die Erde aber oder feste Körper nicht in Bewegung gebracht hat.

5. Daß die starken Knalle in der Luft eigentliche Folgen des Schalles in der Erde gewesen sind, obgleich das eine zu manchen Zeiten und an manchen Orten ohne das andere empfunden worden ist, wie sichs in Gudmundrä ereignet hat.

6. Daß die Luft von einem lichten Glanze helle gemacht worden ist, der einerley Lage mit dem Gange des Erdbebens gehabt hat. Vor 30 Jahren ist am Ende des Augustmonats eben dergleichen Getöse in der Erde gehört worden, dabey sich der Himmel mit einem lichten Scheine geöfnet hat, der im Scheitelpunkte sehr helle war, so daß man an denen, die sich auf dem Felde befanden, einen Flecken im Gesichte erkennen konnte.

7. Daß gleiche 8 Tage zwischen jedem male verflossen sind, da die ersten großen Erdbeben auf einander folgten, nämlich den 21. und 28. November, und den 6ten December.

8. Daß nach jedem Erdbeben 2 bis 3 Tage Sturm und Ungewitter gefolgt sind.

9. Und daß alles dies einige Veranlassung zu dem Schlusse zu geben scheint, daß diese Erdbeben in vielen Stücken mit dem Donner übereinstimmen; denn so oft ein starkes Brausen in der niedern Luft entsteht, vermindert sich das Getöse des Donners oben im Himmel, und so oft die Erschütterung der Erde ein starkes Brausen in der Luft erregt, so oft schwächt sich der Schall, und in der Erde das Erdbeben. Je stärkere Knalle in der Erde vor dem Erdbeben vorhergehen, oder nach ihr folgen, desto stärker wird das Poltern und die Erschüt-

terung in demſelben, aber je mehr ſich dieſe Knalle in die Luft erheben, deſto weniger wird die Erde bewegt. Eben ſo, je ſtärker das Geprasſel des Donners, und je näher es der Erde iſt, deſto weniger ſich weit erſtreckende Donner und Gepolter hört man rings herum am Himmel, und umgekehrt.

10. Hieraus fließt die Folge, daß ähnliche Wirkungen ähnliche Urſachen haben müſſen, und man dürfte mit der Zeit finden, daß die elektriſche Kraft ſo wohl den Donner als das Erdbeben verurſacht.

11. Die gewöhnliche Zeit der Erdbeben hier in Norden iſt zwiſchen dem neuen Jahre und dem Frühlinge. Diejenigen, die ſich von Oſten und NO. nach W. und SW. erſtrecken, werden für beſſer gehalten, und umgekehrt, worin ſie ebenfalls dem Blitze gleichen. Sie werden auch für ſichere Anzeigen warmer und guter Sommer gehalten, wenn ſie ſich auf vorerwähnte Art und in vorerwähnter Zeit ereignen, welches aber doch nicht allemal eintrift.

Nach dem Donner ereignet ſich immer eine Aenderung in der Luft, und eben dies geſchieht nach der Erſchütterung der Erde, ſo daß auch die Folgen einander ähnlich ſind.

Beccaria x) trug die Erklärung der Erdbeben aus der Elektricität auf eine beſſere Art vor, zu einer Zeit, da man richtigere Begriffe von der Entſtehung des Blitzes und von den elektriſchen Erſchütterungen hatte. Hieben nahm er eine Störung des Gleichgewichts der Elektricität tief im Innerſten der Erde an, welche durch mehrere erſchütternde Schläge gegen die Atmo-

x) Lettere dell' elettriciſmo. Bologna 1758. 4. p. 226. 362. 363.

Atmosphäre, oder gegen andere Theile der Erdfläche wieder gehoben werde. Er benutzt die Umstände, daß bey den meisten Ausbrüchen der Vulkane, besonders des Vesuvs, aus den aufsteigenden Dampfsäulen häufige Blitze ausbrechen, daß bey den Erdbeben selbst Blitze in der Luft entstehen, und Flammen aus der Erde hervorbrechen, daß man ein Getöse, gleich einem Donner, hört, und daß endlich die Stöße der Erdbeben kein allmähliges Heben, wie man etwa von andern Ursachen erwarten könnte, sondern augenblickliche Erschütterungen, wie die elektrischen Schläge, sind, welche sich sogar durch das Wasser mittheilen, so daß sie auf den Schiffen, viele Meilen weit von den Küsten gefühlt werden, als ob das Schiff gegen eine Klippe stieße. Ueberdies führt er noch einen Versuch an, der das Erdbeben nachahmen sollte. Wenn man nämlich zwey Stücken Glas, worin ein dünnes Stück Metall eingeschlossen ist, in der Hand halte, und es werde durch dieselben eine elektrische Entladung hindurch gelassen, so fühle man eine heftige Erschütterung oder zitternde Bewegung, wodurch bisweilen die Stücken Glas zerschlagen würden.

Uebrigens glaubt Beccaria, daß bey dem Erdbeben, welches sich bey des Kaiser Julians Unternehmung, den Tempel zu Jerusalem wieder aufzubauen, ereignete, Spuren elektrischer Wirkungen anzutreffen wären.

Daß das Meerwasser im mittelländischen Meere weder steigt noch fällt, ohnerachtet es einen erstaunlichen Wasserzufluß, aber keinen sichtbaren Abfluß hat, hatte der Graf Marsigli dadurch sehr wahrscheinlich gemacht, daß sich in der Tiefe ein ausführender Strom befinde. Marsigli erhielt aber einen Gegner

ner an Buffon [y]). Ich weiß ſehr wohl, ſagt dieſer, daß Einige behauptet haben, in der Enge von Gibraltar befinde ſich ein doppelter Strom, ein oberer, welcher das Waſſer des Oceans in das mittelländiſche Meer bringt, und ein unterer, der, wie ſie ſagen, die entgegengeſetzte Wirkung thut. Aber dieſe Meynung iſt offenbar falſch, und den hydroſtatiſchen Geſetzen entgegen. Man hat ebenfalls geſagt, es befänden ſich an verſchiedenen andern Orten dergleichen untere Ströme, deren Richtung der obern entgegen wäre, als in dem Bosphorus, in der Enge vom Sunde, u. ſ. w. und der Graf Marſigli erzählt ſelbſt Erfahrungen, die man in dem Bosphorus angeſtellt hat, und welche dies beweiſen; aber es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß die Erfahrungen unrichtig angeſtellt worden ſind, weil die Sache unmöglich iſt, und allen Begriffen widerſpricht, die man von der Bewegung des Waſſers hat. Buffon glaubt vielmehr, daß durch die Ausdünſtung eben ſo viel Waſſer davon geht, als Waſſer eingeführt wird. Waiz [z]) findet nach einem Ueberſchlage, daß der Zufluß des Waſſers durch die Meerenge bey Conſtantinopel in das mittelländiſche Meer ſo groß iſt, daß ſeine Oberfläche wenigſtens jährlich 30 Fuß hoch ſteigen müſſe. Daß eine ſo große Menge Waſſers nur in Dünſten fortgehen ſollte, ſcheint ganz unglaublich, weil in dieſem Falle die Ausdünſtung des mittelländiſchen Meers 25 mal ſtärker wäre, als um Paris, wo der Landſtrich doch nicht gar viel kälter ſey. Ein See von 30 bis 40 Fuß tief, welcher keinen Zufluß hätte, würde vermuthlich, ſelbſt unter der Linie, nicht in einem Jahre austrocknen. Uebrigens wüßten alle Naturfor-

y) Hiſtoire naturelle. Tom. I. Art. XI.

z) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. J. 1755. 8. der Ueberſ. S. 28. ff.

turforscher hinlänglich, daß nur das süße Wasser durch Ausdünstung fortgehe, und das Salz zurückbleibe. Stiege also alle das Wasser, das jährlich in das mittelländische Meer fließe, in Dünsten auf, so würde es doch alle sein Salz zurücklassen, und das ganze mittelländische Meer müßte schon längstens mit Salze erfüllet, und in eine harte Salzgrube verwandelt seyn, indem so wohl das Wasser, das aus der spanischen See durch die Meerenge komme, als auch das aus dem schwarzen Meere durch die Thracische Meerenge einfließt, beyde stark gesalzen sind. Allein das mittelländische Meer sey seit so vielen tausend Jahren, da man es kenne, nicht mit Salze angefüllt worden, auch sey sein Wasser, so viel man wisse, nicht salziger geworden; mithin sey unläugbar, daß alles zufließende Wasser desselben nicht blos ausdunste, sondern wirklich mit seinem Salze irgendwo abfließe. Wir müßten daher die Meynung von den doppelten Strömen nicht so schlechterdings verwerfen, sondern erst untersuchen, ob es sich in der That so verhalte, und alsdann suchen, wie wir diese durch Gründe und Erfahrungen gefundene Beschaffenheit der Ströme mit den hydrostatischen Gesetzen vereinigen könnten. Daß es nun wirklich solche doppelte Ströme gäbe, lehrten unläugbare Erfahrungen. Die physische Ursache hievon giebt Waiz sehr wahrscheinlich folgendermaßen an. Weil eine Menge Salzwasser beständig in das mittelländische Meer hineindringt, und ein großer Theil daselbst verdunstet und sein Salz zurückläßt, so wird das zurückbleibende immer salziger und folglich schwerer. Stehen nun beyde Meere, das atlantische und mittelländische, gleich hoch, so ist doch kein Gleichgewicht vorhanden, sondern das schwerere Wasser des mittelländischen Meeres wird des atlantischen leichteres ver-

verdrängen, und durch die Enge zu fließen anfangen, bis beyde Meere ins Gleichgewicht gekommen ſind, da alſo das mittelländiſche Meer nothwendig niedriger wird. Sobald nun dieſes geſchehen iſt, kann das höhere Waſſer im atlantiſchen Meere nicht anders, als in die Meerenge oben vem Strome nach hinein laufen, durch den es ſich in das mittelländiſche Meer ausbreitet; dadurch wird deſſen Gewicht noch ſtärker vermehrt, und das geſalzene und ſchwere Waſſer des mittelländiſchen Meers muß ſeinen Ausfluß wieder durch die Straße, am Boden, unter dem oben einfließenden Strome ſuchen. So ſcheinen die doppelten Ströme zu entſtehen, und unaufhörlich erhalten zu werden. Das leichtere atlantiſche Waſſer läuft hinein, wird durch die Ausdünſtung ſalziger und ſchwerer, ſenkt ſich zu Boden, und verdrängt daſelbſt mit ſeinem vermehrten Gewichte das vor ihm ſtehende leichtere Waſſer, wodurch es ſich einen natürlichen Auslauf macht. Dieſe Erklärung ſucht Waiz noch durch einige Erfahrungen zu beſtätigen. Wenn z. B. die Thür aus einem geheitzten Zimmer in ein kälteres geht, ſo wird die kältere Luft unten in das geheitzte Zimmer einſtrömen, da indeſſen die wärmere oben in das kalte Zimmer ausſtrömt.

Inzwiſchen, ſagt Waiz, könnte man gegen dieſe Theorie einwenden, das atlantiſche Meer liege in einerley Erdſtrich mit dem mittelländiſchen, folglich müßte beyder Ausdünſtung gleich ſtark, und alſo ihr Waſſer gleich ſchwer ſeyn, beſonders wenn man erwäge, daß das mittelländiſche Meer von der Menge hineinfallender Ströme viel ſüßes Waſſer erhalte. Hierauf antwortet er aber: das Seewaſſer bey beyden Polen habe bekanntermaßen weniger Salz, als näher beym

beym Aequator; ein beständiger Strom führe dieses süßere Seewasser zu dem Aequator; einige große Flüsse, als die Guadiana und der Guadalquivir, fallen an beyden Küsten und laufen vor der Straße mit süßem Wasser in die spanische See; eine tägliche und heftige Ebbe und Fluth bewegt dieses Wasser beständig unter einander, vom Boden bis an die Oberfläche. Aus diesen Umständen ist leicht zu schließen, daß das Wasser im atlantischen Meere nicht so salzig seyn kann, als im mittelländischen, wo es durch die Ausdünstung unaufhörlich salziger und schwerer werde.

Daß der Boden des Meeres eben so wie die Oberfläche des festen Landes gebildet ist, so daß Thäler, Berge, Hügel mit einander abwechseln, hat man schon lange aus den aus dem Meere hervorragenden Klippen und Inseln, und aus der verschiedenen Tiefe des Wassers geschlossen. Donati [a]) untersuchte den Meeresgrund, und fand ihn als eine Mischung von Marmor, Fels, Sand, Erdarten, Kies und Conchylien. Daraus schloß er, daß der Meeresgrund aus Schichten von verschiedenen Materien bestehe. Uebrigens ist die Tiefe des Meeres außerordentlich verschieden gefunden worden. Dampier [b]) hatte beobachtet, daß das Meer längst den Küsten insgemein um so viel tiefer ist, je höher die Küsten sind; daß man dagegen an flachen niedrigen Küsten die geringste Tiefe und die bequemsten Ankerplätze findet. Hieraus zog Buffon [c]) die allgemeine Regel,

a) Della storia naturale marina dell' Adriatico. Venez. 1750. 4. Vitaliano Donati Auszug der Naturgesch. des adriat. Meers. Halle 1753. 4.

b) Voyage autour du monde. T. II. p. 119. sq.

c) Hist. natur. Tom. II. p. 199. edit. in 12.

gel, daß die Ungleichheiten des Meergrundes mit denen der angrenzenden Küſten übereinſtimmten. Hiernach müßte alſo das Weltmeer gegen den Chimboraço in Amerika am tiefſten und gegen die öſtliche Seite von Aſien ſeichter, und das Mittelmeer gegen den weitgeſtreckten Atlas ſeichter und gegen die Pyrenäen tiefer ſeyn. Auch giebt Marſigli die Tiefe des Meeres an den franzöſiſchen Küſten ſehr groß, und bis auf 1500 Toiſen an. In den neueſten Zeiten hat aber Forſter bemerkt, daß im Südmeere ſehr häufige Ausnahmen von dieſer Regel vorkommen.

Um das Seewaſſer trinkbar zu machen, erfand im Jahre 1765 Poiſſonnier, Mitglied der mediciniſchen Facultät zu Paris, einen Apparat, welcher aus einem oblongen kupfernen inwendig verzinnten Gefäße, mit einem Hute an jedem Ende verſehen, beſteht, nur 2 Matroſen zur Behandlung erfordert, und dennoch in einem Tage 4200 Kannen trinkbares Waſſer liefern kann. In England zeigte D. Lind [d]) eine bequeme und ihrem Entzwecke vollkommen entſprechende Methode der Deſtillation. Nach ſeinen Vorſchriften erfand D. Irving eine ganz einfache Deſtillirmaſchine, und erhielt dafür von dem brittiſchen Parlamente eine Belohnung von 4000 Pfund Sterling. Dabey braucht man nicht mehr Brennholz, als ſonſt, ſondern es wird blos an vier Tagen der Woche, wo die Matroſen kein Fleiſch erhalten, der eine Kochkeſſel, der ohnehin mit Seewaſſer gefüllt werden muß, um nicht vom Feuer zu leiden, mit einem hölzernen Deckel bedeckt, an dem ſich eine kupferne Röhre mit einer Vorlage und einem Kühlgefäße befindet, in welches letztere ein Matroſe beſtändig friſches Seewaſſer hinein-

d) Eſſay on diſeaſes incident to Europeans in hot climates.

hineinpumpt und durchlaufen läßt. Bey Cooks Seereise im Jahre 1772 war diese Methode auf beyden Schiffen angebracht, und gab jedesmal 120 Quart Wasser, welches aber für das Bedürfniß der Mannschaft bey weitem nicht zugereicht hätte, wenn man sich auf dieses destillirte Wasser allein hätte verlassen sollen. So bequem diese Einrichtung ist, so gesteht doch Forster, daß sie noch immer mehr Holz erfordere, als irgend ein Schiff mit sich führen kann, wenn man hinlängliches Trinkwasser dadurch erhalten wolle, daß sie also nur im wirklichen Nothfalle von Nutzen seyn könne.

Die alte Meynung, daß sich Wasser zuletzt in Erde verwandele, mag wohl die berühmt gewordene Frage von der beständigen Abnahme des Meerwassers am meisten begünstigt haben. Dalin betrachtete in seiner Geschichte Schwedens dies Land als ein neu entstandenes, und gründete seine Behauptung darauf, daß gewisse jetzt trockene Gegenden ehedem unter Wasser gestanden hätten, und einige in vorigen Zeiten ausgehauene Merkmale der Wasserhöhe jetzt ziemlich hoch über der Meeresfläche stünden. Dies veranlaßte den Prof. Celsius e) zu einigen Veranstaltungen, wodurch er im Jahre 1743 zu finden glaubte, daß die Meereshöhe an den schwedischen Küsten jährlich um $4\frac{1}{2}$ Decimallinien d. i. in 1000 Jahren um 45 Fuß abnehme. Er giebt von der Abnahme des Wassers zweyerley Ursachen an. Es sey bekannt, daß beständig eine große Menge Wasser ausdunste, welche sich nachgehends in

e) Anmerk. von der Verminderung des Wassers in der Ostsee und dem westlichen Meere in den Abhandl. der schwed. Akad. der Wissensch. 1743. 8. der Uebersetz. S. 25. ff.

in Wolken zuſammenhäufe; ein Theil davon falle als Regen wieder in die See nieder, ein Theil ſtoße an Berge, und rinne gleichwohl in großen Strömen auch wieder ins Meer zurück; aber der Regen, welcher die Erde bewäſſere, und das Wachsthum aller Pflanzen und Bäume verurſache, komme nicht alle zuſammen wieder ins Meer, ſondern bleibe in den Gewächſen zurück, und verwandele ſich vielleicht nachgehends mit ihnen durch Verweſung in Dammerde. Daraus ſchließe Newton, daß die feſten oder trockenen Theile der Erde beſtändig zunähmen, aber die flüſſigen ſich immer verminderten, und endlich gänzlich würden ausgetrocknet werden, wenn nicht die Kometen unter andern bey ihrer Annäherung zur Erde durch ihre Dünſte dieſen Abgang erſetzten. Solchergeſtalt, meint Celſius, würde das Meer durch ſeine Ausdünſtung jährlich ohngefähr $\frac{1}{2}$ Zoll verlieren. Die andere Art, das Sinken des Meeres zu erklären, ſchiene nicht ſo gar ungereimt, wenn man ſich nämlich einbilde, der Boden der See habe ein oder mehrere Löcher, durch welche ſich das Waſſer in den Abgrund der Erde ziehe. Welche von dieſen Meynungen die wahre ſey, könne man aus Mangel zulänglicher Beobachtungen nicht ſicher beſtimmen. Auch könnten wohl beyde Urſachen zuſammen ſtatt finden. Da dieſe beyden Urſachen in verſchiedenen Jahren gar verſchieden wirken können, und daher die Verminderung der Höhe in gleicher Zeit nicht gleich viel beträgt, ſo ſuchte Nils Gißler [f]) eine Anleitung, die Abnahme des Meeres in gewiſſen Jahren zu finden, zu geben. Linné [g]) behauptete, die Menge des Waſſers

f) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. J. 1746. 8. der Ueberſ. 163. f.

g) Oratio de telluris habitabilis incremento in Amoenit. acad. Vol. II. p. 402.

Wassers vermindere sich durch eine beständige Verwandlung desselben in Erde, und das bewohnbare Land werde dadurch beständig vergrößert. Der Bischoff Browallius [h]) hingegen suchte diese Meynung zu widerlegen, und erklärte die bemerkten Veränderungen blos für lokal und relativ. Um die Frage mit Gewißheit zu entscheiden, wären weit mehrere Erfahrungen von allen Küsten des Meeres nöthig. Und wüste man auch gewiß, daß die ganze Meeresfläche jetzt niedriger, als vor Zeiten, stünde, so folgte daraus doch noch nicht die Verminderung des Wassers, weil Veränderung im Boden eben das zu bewirken im Stande wäre. Otto Runeberg [i]) setzt noch hinzu, daß man keines festen Punktes auf der Erdfläche versichert seyn könne, von dem ab man mit unwidersprechlicher Gewißheit messen könnte, wie viel die Wasserfläche dem Mittelpunkte der Erde überhaupt, oder von Zeit zu Zeit näher käme; ferner werde man auch überzeugt, daß auf der Erdfläche beständig Veränderungen erfolgt sind, und noch erfolgen, durch welche Höhen und Thäler entstehen, Berge und Steine hervorkommen, oder verschlungen werden, der Boden der See aufschwillt, oder festes Land versinkt. Wenn sich aber wirklich die Oberfläche des Meeres in Absicht auf das Trockene gesenkt habe, so müßten die Brunnen, welche ihr Wasser durch eine Verbindung mit dem Meere bekommen, immer tiefer werden. In der Stadt Wasa fänden sich über 100 Brunnen, deren Zusammenhang mit

h) Histor. und physikal. Untersuchung von der vorgegebenen Verminderung des Wassers ꝛc. Stockholm 1756. 8.

i) Abhandl. der schwedisch. Akad. der Wissensch. J. 1765. 8. der Uebers. p. 83. ff.

mit dem Meere sich so wohl dadurch entdecke, daß sie beständig mit dem Meere gleiche Höhe besitzen, als auch dadurch, daß ihnen Wasser mangele, wenn eine starke Kälte die Dicke des Meereises vergrößere. Dagegen sucht die Verminderung des Wassers Carl Friedrich Nordenschiöld [k]) wiederum zu vertheidigen. Nach seiner Meynung kommt es hiebey vorzüglich auf folgende Frage an: ob Erde, Berge und Klippen an den Ufern der Ostsee beständig einerley Höhe behalten, oder ob sie gegen die Oberfläche des Meeres höher werden, als sie sonst gewesen sind, sie mögen nun unter dieser Oberfläche oder über ihr befindlich seyn? Nachdem könne ein jeder untersuchen, welches von beyden wahrscheinlicher sey, ob sich die Erde erhöhe, oder ob das Meer niedriger werde, und das Wasser nach und nach abnehme, oder ob beyde Umstände, einer mehr, der andere weniger, etwas dazu beytragen. Daß nun Erde, Berge, Boden der See mit der Zeit höher gegen die Oberfläche des Wassers zu liegen kommen, beweiset er aus Hölungen der Erde, Erdschichten, und andern Merkwürdigkeiten. Ueberdem gebe die Verwandelung des Wassers in Erde einen Beweis für die Verminderung desselben, wie denn das Wasser überhaupt nichts weiter, als eine mehr oder weniger flüssige Erde sey, (eine Meynung, die in diesem Zeitraume ziemlich herrschend war). Auch zeige sich ein wirkliches Abnehmen des Wassers daraus, daß die fast unendliche Menge Erde, die von dem trokkenen Lande zu allen Zeiten, bald mehr, bald weniger in das Meer geführt werde, das Wasser an den Ufern nicht erhöhe, welches doch nothwendig geschehen müßte, weil sie unter der Oberfläche des Meeres mehr Raum einnehme, als die, welche das Wasser bey Sturm

k) Abhandl. d. schwed. Akad. J. 1769. der Uebers. S. 124. ff.

Sturm über der Oberfläche des Meeres wegwerfe. Durch solche in das Meer schwimmende Erde müßte es nach und nach das Erdreich überschwemmen, wenn das Wasser nicht wirklich abnähme. Daß Wasser in Brunnen, die man in gleicher Höhe mit dem Meere zu seyn glaube, nicht mit der Zeit tiefer werde, oder auch das Wasser in andern steige, wenn Fluth sey, und mit der Ebbe falle, beweise nichts gegen die Verminderung des Wassers. Denn die meisten Brunnen entständen vom Quellwasser, und hätten gar keine Gemeinschaft mit dem Meere. Alle diese Einwürfe und Beweise für die Verminderung des Wassers hat Rusneberg [1]) sehr gut entkräftet. Die innern Höhlungen der Erde könnten durch ganz andere Ursachen, als durch das Meerwasser entstanden seyn, und daß Berge höher als sonst wären, dies gäbe gar keinen Beweis für die Verminderung des Wassers ab, da dieses durch mancherley Zufälle, als Erdbeben, Vulkane u. d. g. bewirkt werden könne. Was die Verwandlung des Wassers in Erde betreffe, so müsse dies durch die Chemie ausgemacht werden, und wenn es wirklich so wäre, so werde man doch auch zugeben, daß das Gesetz der Verwandlung die Erde wieder zu Wasser machen könne; denn da alle Körper den Kreis der Verwandlungen predigten, so werde man wohl nicht einen einzigen allein eine andere Sprache reden lassen. Was endlich gegen die Höhe des Wassers in Brunnen angeführt sey, so gelte dies nur von solchen, welche vom Oberwasser entspringen, und sich innerhalb der Erde obersten Schaale finden. Allein es gebe Brunnen, welche ihren Zusammenhang mit der See, theils durch übereinstimmendes Steigen und Fallen, theils da:

1) Abhandl. d. schwed. Akad. J. 1769. S. 177. ff.

dadurch zu erkennen geben, daß ihr Waſſer ſtets ſo ſtark, als das Meerwaſſer, geſalzen iſt.

Newton's Syſtem erhielt in dieſem Zeitraume durch weitere Unterſuchungen über die periodiſche Bewegung des Meerwaſſers, der Ebbe und Fluth, wiederum eine große Stütze. Newton ſelbſt, der nach ſeiner Theorie die merkwürdigſten Erſcheinungen zu erklären ſuchte, begnügte ſich damit, die Figur zu beſtimmen, bey welcher das Meer unter der Einwirkung der Sonne und des Mondes im Gleichgewichte ſeyn würde. Er ſetzte voraus, das Meer nehme dieſe Figur jeden Augenblick an, und dieſe Vorausſetzung gab ihm Reſultate, die unter vielen Beziehungen mit den Beobachtungen übereinſtimmten. In der That nahm dieſer große Geometer auf die Umdrehungsbewegung der Erde Rückſicht, um das Zurückbleiben der Ebbe und Fluth hinter den Durchgängen der Sonne und des Mondes durch den Meridian zu erklären. Da aber ſein Syſtem anfänglich unter den Ausländern wenig Eingang fand, jedoch viel Aufmerkſamkeit erregte, und um ſo mehr die Carteſianer aufmunterte, ihr Syſtem entweder durch mehrere und genauere Beobachtungen zu befeſtigen und Newton's Theorie dadurch gänzlich umzuſtoßen, oder letztere mit den Erfahrungen übereinſtimmend zu finden; ſo unternahm es die franzöſiſche Akademie der Wiſſenſchaften zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts, eine große Anzahl von Beobachtungen über die Ebbe und Fluth in den franzöſiſchen Häfen machen zu laſſen. Sie wurden zu Breſt ſechs Jahre nach einander täglich fortgeſetzt, und machen durch ihre Anzahl und durch die Größe und Regelmäßigkeit der Ebbe und Fluth in dieſem Hafen die vollſtändigſte und nützlichſte

Samm-

Sammlung dieser Art aus. Von diesen Beobachtungen findet man einen Auszug von Jakob Cassini in den Schriften der königl. franz. Akad. der Wissensch. 1710, und 1713. Diese Beobachtungen lehrten, daß Newton's Theorie zum Theil damit zusammenstimme, zum Theil aber auch sehr davon abweiche. Dadurch wurden die Cartesianer veranlaßt, ihr System unter mancherley Abänderungen, um es mit den Beobachtungen zu vereinigen, desto hartnäckiger zu vertheidigen. Indessen erhielt Newton's System durch die Erklärungen anderer Erscheinungen am Himmel mehrere Anhänger in Frankreich, so daß endlich die Akademie der Wissenschaften zu Paris veranlaßt wurde, auf die Entwickelung der Gesetze der Ebbe und Fluth und deren Ursache für das Jahr 1740. einen Preis auszusetzen. Die gekrönten Abhandlungen von Cavallerie, Dan. Bernoulli, Maclaurin und Euler [m]) enthalten Entwickelungen der Newtonschen Theorie, welche sich auf die nämliche Hypothese vom Gleichgewichte des Meeres unter der Einwirkung der Gestirne, die es anziehen, gründen. Mit Hülfe der Analysis haben diese Männer alle Umstände der Ebbe und Fluth so genau und glücklich bestimmt, als es nach ihrer Voraussetzung nur möglich war. Auch nahmen sie, wie Newton, auf die Umdrehungsbewegung der Erde Rücksicht, um daraus das Zurückbleiben der Ebbe und Fluth hinter den Durchgängen der Sonne und des Mondes zu bestimmen.

m) Pièces, qui ont remporté le prix de l'Acad. roy. des sciene. en 1740. sur le flux et reflux de la mer. auch in philos. natur. princ. mathem. autore *Is. Newtono* cum comment. PP. *le Sieur* et *Jacquier*. To. III. 1760. 4.

men. Dabey liegen aber Vorausſetzungen zum Grunde, aus welchen ſie Reſultate erhielten, die mit den Beobachtungen nicht genau genug übereinſtimmten. Dieſer Umſtand iſt erſt in der Folge durch Hube, und vorzüglich durch la Place mit ſo großer Genauigkeit, als es dieſer Gegenſtand zuläßt, beſtimmt worden. Indeſſen haben die Arbeiten dieſer großen Männer mit der nur möglichſten Schärfe gezeigt, daß die Erſcheinung der Ebbe und Fluth bloß aus Newton's Theorie abgeleitet werden könne. Uebrigens ergaben ſich aus ihren Rechnungen noch folgende Reſultate:

1. In den Neu- und Vollmonden iſt die Zeitdauer zwiſchen den hohen Fluthen am erſten und zweyten Tage 24 Stunden 35 Minuten, mithin geht die Fluth dem täglichen Umlaufe des Mondes, welcher 24 Stunden 50 Minuten beträgt, um 15 Minuten voran.

2. In den Quadratſcheinen hingegen iſt die Zeitdauer 25 Stunden 15 bis 40 Minuten, und es bleibt daher die Fluth gegen den täglichen Umlauf des Mondes um 25 bis 50 Minuten zurück, nachdem der Mond in der Erdferne oder Erdnähe ſich befindet.

3. Der Tag, an welchem die Zeitdauer das Mittel zwiſchen ſeinen äußerſten Grenzen hält, fällt den Quadratſcheinen näher, als den Neu- und Vollmonden.

4. Die veränderten Höhen der Fluthen ſind um die Neu- und Vollmonde und Quadratſcheine am geringſten, ſo wie Wachsthum und Abnahme jeder Größe da am geringſten iſt, wo ſie ein Größtes oder Kleinſtes wird.

5. Die

5. Die größten veränderten Höhen liegen den Quadratscheinen am nächsten.

6. Die Höhe der Fluth über das niedrigste Wasser an jedem Orte ist der größten Höhe des Wassers gleich multiplicirt mit dem Quadrat des Sinus der Höhe oder Tiefe des Weltkörpers, wo für die Höhe dieses Körpers derjenige Ort genommen wird, welcher etwa 35° weiter gegen Morgen steht, als dieser Himmelskörper.

Hieraus folgt nun zur Berechnung der Höhe der Fluth an jedem Orte folgende Regel: man sucht die Stelle des Mondes und der Sonne, und ihre Entfernungen von der Erde, berechnet hieraus ihre Abweichungen und ihre Höhen für den bestimmten Ort, nimmt jedoch hiebey den Stundenwinkel um so viel größer, so viel später an den Tagen der Neu- und Vollmonde die hohe Fluth nach der Culmination des Mondes erfolgt. Das Quadrat des Sinus dieser gefundenen Höhe mit der größten Wirkung des Mondes für die gefundene Entfernung multiplicirt giebt die Höhe des Wassers über den niedrigsten Stand für die Wirkung des Mondes. Eine ähnliche Rechnung für die Sonne giebt eben diese Höhe für ihre Wirkung. Beyde Höhen zusammengenommen bestimmen die verlangte Höhe.

In Europa ist die Ebbe und Fluth nach den Nachtgleichen stärker, als um den Sommerpunkt. Nach de la lande[n]) wirken hier mehrere Ursachen, weil 1. die Süd- und Westwinde alsdenn stärker sind, und mehr Wasser herbeyführen, 2. weil die Fluth des Sommerpunktes, wo der höchste Ort des Wassersphäroids weiter gegen Norden fällt, zwischen dem festen Lande

von

n) Mém. de Paris an. 1772.

von Afrika und Amerika mehr geſperrt wird, und nicht ſo leicht an unſere Küſten dringen kann, als die um die Nachtgleichen, 3. weil die zwey Fluthen in den Sonnenwenden ſehr ungleich ſind, und ſich daher zum Theil einander aufheben, dagegen die zwey täglichen Fluthen um die Nachtgleichen einander gleich ſind, und daher ihre völlige Wirkung merklicher wird.

Atmoſphäre der Erde.

Jakob Caſſini °) hatte aus mehreren Beobachtungen gefunden, daß die Mariottiſche Regel in großen Höhen der Atmoſphäre nicht zutreffen wollte. Da es aber Schwierigkeiten hätte, die wahre Regel phyſiſch zu finden, weil uns die Natur der Elaſticität der Luft unbekannt wäre, ſo wolle er voraus ſetzen, daß ſich die Ausbreitung der Luft verkehrt wie das Quadrat des Gewichts, das auf ſie drucke, verhalte.

Wenn daher das Gewicht der Atmoſphäre an der Meeresfläche eine Queckſilberſäule von 28 Zoll Höhe im Gleichgewichte erhalte, und dieſe Höhe um eine einzige Linie vermindert würde, (welches nach Mariotte's Beſtimmung 63 Fuß über der Meeresfläche ſeyn würde), ſo würde das Gewicht der Atmoſphäre, wo ſie viermal dünner wäre, einer Queckſilberſäule von 14 Zoll Höhe das Gleichgewicht halten. Setzte man alſo, wie das Quadrat von 14 zu dem Quadrate von 28, d. i. wie 1 : 4, ſo verhält ſich die Ausbreitung der Luft an der Meeresfläche, wo eine Linie Queckſilber mit 63 Fuß Höhe im Gleichgewichte ſteht, zu der Ausbreitung der Luft, wenn ſie nur mit der Hälfte des Gewichts der Atmoſphäre gepreßt wird. So würde man auf dieſe Art 42 Toiſen oder 252 Fuß für die Höhe der

o) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1733.

der Luft, welche nun mit einer Linie verminderter Quecksilberhöhe correspondirt, erhalten, so daß man, wenn die Luft in der Höhe schon so dünn geworden ist, daß sie nur die Quecksilbersäule von 14 Zoll halten kann, noch 252 Fuß höher steigen muß, wenn das Quecksilber auf 13 Zoll 11 Linien stehen soll. Nach dieser Regel correspondirten also:

mit	1 Zoll		130	Toisen
—	2	—	269	—
—	3	—	419	—
—	4	—	582	—
—	5	—	759	—
—	6	—	962	—
—	7	—	1173	—
—	8	—	1405	—
—	9	—	1662	—
—	10	—	1947	—

Auf diese Regel wurde Cassini aus einer Vergleichung der Beobachtungen von Plantade und Feuillée mit Maraldi's und Mariotte's Regel geleitet. Plantade hatte nämlich am 4ten August 1731 auf der Spitze des Canigou, am 18ten Aug. 1732 auf dem Berge Moufflet, am 25ten Aug. 1732 auf der westlichen Spitze des Berges St. Bartholomay, und Feuillée 1740 auf dem Pic von Teneriffa, die Barometerhöhe 20 Zoll $2\frac{1}{2}$ Linien, 20 Zoll $10\frac{1}{3}$ Lin., 21 Zoll — $\frac{1}{3}$ Lin., 17 Zoll 5 Lin., die Unterschiede von der Barometerhöhe, die zu gleicher Zeit am Meeresufer beobachtet wurden, 7 Zoll $11\frac{1}{2}$ Linien, 7 Zoll $1\frac{1}{2}$ Linien, 6 Zoll $11\frac{2}{3}$ Linien, 10 Zoll 7 Linien, und die Höhe der Berge 1453, 1289, 1190, 2213 Toisen gefunden.

Mit

veränderlich iſt, ſo kann dieſe nicht die Grundfläche der Atmoſphäre ſeyn. Die großen Veränderungen in der Dichtigkeit der Atmoſphäre werden nach Bernoulli's Meynung durch die Wärme bewirkt. Jede Luftſchicht werde, wie er glaubt, einerley Wärme haben.

Ueberhaupt laſſen ſich Bernoulli's Sätze, mit de Lüc, in zwey Claſſen bringen. Die erſtere enthält diejenigen Sätze, welche die Eigenſchaften und Bewegungen elaſtiſcher Materien überhaupt enthalten, die andere aber diejenigen, welche die Atmoſphäre inſonderheit angehen. Zur erſtern gehören folgende Sätze: flüſſige Materien ſind elaſtiſch, wenn ſich ſchon ihre Theilchen nach allen Richtungen ſehr ſchnell bewegen. Die expanſive Kraft dieſer flüſſigen Materien kann durch zwey Urſachen verſtärkt werden, wenn nämlich entweder eine größere Anzahl von Theilen in einerley Raum zuſammengedrängt, oder die Geſchwindigkeit derſelben vermehrt wird. Die erſte dieſer Urſachen bewirkt Dichtigkeit, und wenn man annimmt, die Materie laſſe ſich bis ins Unendliche verdichten, ſo iſt die daraus entſtehende Elaſticität jederzeit im verkehrten Verhältniſſe des Raums, welchen einerley Anzahl von Theilen einnimmt. Die Dichtigkeit der Materie wächſt in dem Verhältniſſe der zuſammendruckenden Kraft; in eben dieſem Verhältniſſe wirken auch die Theile der Materie auf einander ſelbſt, weil beſtändig die untern Schichten von den obern zuſammengedruckt werden. Auf den Boden druckt eine flüſſige elaſtiſche Materie bloß durch ihr Gewicht. Die Wärme verurſacht, daß die Theilchen eine größere Geſchwindigkeit erhalten, und dadurch nimmt ihr Stoßen zu wie das Quadrat der Geſchwindigkeiten. Die Wirkungen dieſer letztern Urſachen verhalten ſich wie die Anzahl der ſtoßen-

ßenden Theilchen d. i. wie die Dichtigkeit. Mithin ist das Verhältniß der Elasticität flüssiger Materien aus dem einfachen ihrer Dichtigkeiten und dem doppelten der Geschwindigkeiten ihrer Theilchen zusammengesetzt. Schließt man eine elastische flüssige Materie in zwey senkrecht stehende Röhren von einerley Länge, welche mit einander durch kleine wagrecht liegende Röhren verbunden sind, ein; so kann die Geschwindigkeit der Theilchen in der einen Röhre durch die Wärme zunehmen, ohne daß dadurch die Elasticität in beyden Röhren ungleich würde, weil in der andern Röhre die Dichtigkeit verhältnißmäßig größer wird. Nimmt man endlich in beyden Röhren bewegliche Deckel an, welche gleich hoch stehen und mit gleichen Gewichten beschwert sind, so bleibt der Druck auf dem Boden der Röhre immer einerley, die Geschwindigkeit der Theilchen mag in der ganzen Materie oder nur an einer einzelnen Stelle zunehmen.

Was diejenigen Sätze betrifft, die zur andern Classe gehören, so soll nach Bernoulli der Druck der Atmosphäre auf die Grundfläche allezeit und in allen Orten gleich seyn, und da man doch am Barometer wahrnehme, daß sich dieser Druck auf der Oberfläche der Erde ändere, so soll diese Grundfläche noch eine gewisse Tiefe unter der Meeresfläche haben. Ferner sollen die Barometerveränderungen auf der Oberfläche der Erde von den Ausdehnungen und Verdichtungen einzelner Theile der Atmosphäre herkommen, die innerhalb der Erdkugel eingeschlossen sind. Jede sphärische Luftschicht, welche von der Erde gleich weit absteht, soll die untern überall gleich stark drucken. Veränderungen der Geschwindigkeit der Theilchen in irgend einer Stelle der Schicht sollen bald verhältnißmäßige

Veränderungen der Dichtigkeit in allen übrigen Stellen derſelben Schicht hervorbringen, ſo daß die Elaſticität, welche ſich im zuſammengeſetzten Verhältniſſe der Dichtigkeiten und der Quadrate der Geſchwindigkeiten befindet, in gleichen Höhen allezeit gleich groß bleibe. Ueberdem ſollen ſich die Vermehrungen und Verminderungen der Wärme in jeder Schicht mit hinlänglicher Genauigkeit gegen einander aufheben, ſo daß die mittleren Geſchwindigkeiten der Theilchen, die mittleren Dichtigkeiten, und die Elaſticität in jeder Schicht der Atmoſphäre beynahe immer gleich bleiben. Endlich ſoll der Unterſchied des Barometerſtandes an Orten von verſchiedener Höhe den Unterſchied der mittleren Dichtigkeiten, d. i. den Unterſchied der Elaſticität der Luft in beyden Schichten, worin dieſe Oerter liegen, anzeigen; und dieſer ſoll alſo zu allen Zeiten einerley bleiben.

Den Satz der Phyſiker, daß ſich die Höhen der Oerter über der Erdfläche zu einander verhalten, wie die Logarithmen der Verhältniſſe, in welchen die Barometerhöhen abnehmen, verwirft Bernoulli gänzlich, weil er mit der Erfahrung nicht übereinſtimmt, und auf dem Geſetze beruht: daß ſich die Dichtigkeit der Luft überall, wie die zuſammendruckende Kraft verhalte. Die Erfahrungen ſind folgende:

1. In einer Höhe von 1070 Pariſ. Fuß über der Meeresfläche fiel das Queckſilber im Barometer $16\frac{1}{3}$ Linie, da die Höhe des Barometers an der Meeresfläche 28 Zoll $4\frac{3}{4}$ Lin. war. Setzt man alſo ein für allemal die Elaſticität an der Meeresfläche = 1, ſo wäre die Elaſticität der Luft in der eben angeführten Höhe oder E = 0,9520 geweſen.

In

2. In einer Höhe von 1542 Paris. Fuß über der Meeresfläche fiel das Quecksilber im Barometer auf 21 $\frac{1}{2}$ Lin. herab, da es in selbigem am Meere 28 Zoll 2 Linien Höhe hatte; hier war also E = 0,9364 gewesen.

3. In der Höhe des Pic auf Teneriffa von 13158 Par. Fuß über der Meeresfläche stand das Barometer auf 17 Zoll 5 Linien, indem es am Meeresufer 27 Zoll 10 Linien hoch war; mithin war E = 0,6257 gewesen.

4. Wenn in geringen Höhen der Fall des Quecksilbers genau beobachtet würde, so fände man, daß eine einzige Linie Quecksilberfall einer Höhe von 65 bis 66 Fuß zugehöre. In einer Höhe von 65 Fuß wäre also E = 0,9970.

Hiernächst berechnete nun Bernoulli eben dieß nach der Methode der Logarithmen, und fand den Unterschied so beträchtlich, daß er selbige gänzlich verwarf. Er urtheilt vielmehr, daß man schwerlich hoffen dürfe, das wahre Gesetz zu entdecken, welchem hier die Natur folge. Indessen sucht er doch eine Formel zu bestimmen, auf welche sich diese vier Beobachtungen bringen lassen. Er untersuchte nämlich die Natur dreyer krummen Linien, welche um einerley Axe beschrieben werden, deren Abscissen die Höhen sind. Die eine derselben stellt die zugehörigen mittleren Geschwindigkeiten, die andere die mittleren Dichtigkeiten und die dritte die Elasticitäten dar. Sind zwey von diesen Linien bekannt, so läßt sich daraus die dritte aus dem Satze finden: daß sich die Elasticitäten, wie die Produkte aus den Dichtigkeiten in die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten. Hierauf findet er durch Rechnung, daß die vier angeführten Beobachtungen

eine Axe erfordern, deren Scheitelpunkt 22000 Fuß tief unter der Oberfläche der Erde liege.

Um nun die Hypotheſe, durch welche die Beobachtungen übereinſtimmend gemacht worden ſind, allgemein darzuthun, ſucht Bernoulli zu erklären, wie es möglich ſey, daß die mittlere Geſchwindigkeit der Lufttheilchen, oder, welches einerley iſt, die mittlere Wärme der Luftſchichten deſto größer werde, je höher ſie über die Meeresfläche erhaben wären. Nach ſeiner Meynung dürfe man den freyen Zuſtand der Atmoſphäre in Abſicht auf die Wärme nicht nach demjenigen beurtheilen, was man auf den Bergen wahrnehme, wo beſondere Urſachen mitwirken könnten; denn ob man gleich eine beſtändige Verminderung der Wärme in höhern Gegenden finde, ſo ſey es doch keineswegs ungereimt, anzunehmen, daß in der freyen Atmoſphäre die mittlere Wärme immer zunehme, je mehr man ſich über die Meeresfläche erhebt. So glaubt er auch, es laſſe ſich annehmen, die Luft an der Erdfläche ſey unter den Polen 10mal dichter, als unter dem Aequator; dieſer Unterſchied verliere ſich aber nach und nach in größern Höhen. Daher müßte die Dichtigkeit der Luft von unten hinauf unter den Polen weit ſchneller, als unter dem Aequator, abnehmen, ſo daß dieſes Abnehmen unter den Polen in kleinen Höhen wohl nach dem Verhältniſſe $(22000 + x)^4 : 22000^4$ fortſchreiten könnte, weil daſelbſt die Wärme in der Höhe ſehr ſtark zunehmen müßte, da es unter dem Aequator aus entgegengeſetzten Urſachen oft kaum merklich ſeyn möge. Man könne daher annehmen, daß die mittleren Dichtigkeiten in dem Verhältniſſe $(22000 + x)^2 : 22000^2$ vermindert würden, indem die Elaſticitäten allenthalben in dem Verhältniſſe $(22000 + x) : 22000$ ab-

abnähmen; denn diese könnten in einerley Höhe der Erdfläche von einander nicht verschieden seyn, wenn nicht zufällige Umstände dazu kämen, die aber von keiner langen Dauer wären.

Die Anwendung seiner Formel auf Höhenmessungen mit dem Barometer zeigt Bernoulli nicht, aber sie läßt sich leicht aus seinen Sätzen finden. Es verhält sich nämlich nach ihm die Elasticität der Luft an verschiedenen Orten, wie die Barometerhöhe. Die Höhen über der Meeresfläche setzt er x, und nimmt an, die Elasticität der Luft in diesen Höhen verhalte sich zu ihrer Elasticität am Ufer des Meeres, wie 22000 : (22000 + x); mithin wird sich auch die Barometerhöhe eines gegebenen Ortes zur Barometerhöhe am Ufer des Meeres verhalten wie 22000 : (22000 + x). Es wird also die Höhe des Ortes über der Meeresfläche nach ihm leicht durch folgende Analogie gefunden: wie sich die beobachtete Barometerhöhe zur Barometerhöhe am Meeresufer verhält, so verhält sich 22000 zur Höhe des Ortes der Beobachtung über einen festen Punkt, der 22000 Fuß unter der Meeresfläche liegt. Eine Tabelle nach dieser Regel berechnet findet sich beym Sulzer q) und Böhm r). Bernoulli's angeführte Regel beruht aber bloß auf hypothetischen Gründen, und wenn man andere Beobachtungen, als die vier von Bernoulli angeführten, wählt, so findet man statt des Coefficienten 22000 ganz andere Zahlen.

De

q) Beschreibung der Merkwürdigkeiten auf einer Reise durch einige Orte des Schweizerlandes. Zürch 1742. 4.

r) Gründliche Anleitung zur Meßkunst auf dem Felde. Frankf. 2te Aufl. 1759. 4. Anhang Taf. IV.

De Lüc bemerkt daher ganz richtig, daß man die unterirdiſche in dem Innern der Erde eingeſchloſſene Luft nicht als einen Theil der freyen Atmoſphäre anſehen könne, daß man alſo auch für die Grundfläche der Atmoſphäre nichts anders als die Oberfläche der Erde ſelbſt annehmen dürfe. Folglich müſſe der Druck der Atmoſphäre beträchtlichen Veränderungen unterworfen ſeyn, wie das Steigen und Fallen des Barometers auf der Erdfläche beweiſe. Endlich könne man wegen des Unterſchiedes der gleichzeitigen Barometerveränderungen an Orten, die nahe an einander liegen, die Bernoulliſche Meynung nicht annehmen: daß ſich die Wirkungen der Verminderung und Vermehrung der Wärme in jeder Luftſchicht gegen einander aufheben.

Wenn Bernoulli's Regel allgemein wäre, ſo müßte ſich überdem an zwey Orten von ungleicher Höhe beſtändig einerley Unterſchied in den Barometerhöhen finden, und gleichwohl kann man durch eine Menge Beobachtungen darthun, daß ſich dieſer Unterſchied ſehr merklich ändere. Und dann nimmt Bernoulli als einen Grundſatz an: die Barometerhöhe ſey ſtets der Elaſticität der Luft proportional, da doch aus der Erfahrung erhellet, daß bloß die Dichtigkeit der Luft als unmittelbare Urſache das Queckſilber im Barometer erhalte, und daß daſſelbe allezeit in dem Verhältniſſe falle, in welchem die Dichtigkeit abnimmt, die Urſache ihres Abnehmens mag übrigens ſeyn, welche ſie wolle.

Johann Jakob Scheuchzer s) hatte im Jahre 1709 im Pfefferbade in der Grafſchaft Sar-

ganz

s) Bergreiſe, in ſ. Naturgeſchichte des Schweizerlandes Th. II. herausgegeb. von Sulzer. Zürch 1746. und in den Philoſ. Tranſact. for the year 1727. n. 405.

ganz einen Felsen, der sich an dem kleinen Flusse Tasminna sehr steil erhebt, mit der Schnur gemessen, und die Höhe desselben 714 Pariser Fuß gefunden. Die Barometerhöhe am Fuße desselben beobachtete er 25 Zoll $9\frac{1}{3}$ Lin. = $309\frac{1}{3}$ Linien, oben auf der Spitze aber stand das Quecksilber um 10 Linien niedriger.

Die Regel, welche Scheuchzer aus dieser Beobachtung herleitete, gründet sich mit der Halley'schen auf dieselben Sätze, nämlich auf die Eigenschaft der Hyperbel zwischen ihren Asymptoten. Nur die Formel, in welcher Scheuchzer seine Regel ausdruckt, und der Coefficient ist von dem Halley'schen Ausdrucke verschieden. Die Regel selbst ist diese: wie sich 142717, als der Unterschied der Logarithmen beyder beobachteten Barometerhöhen (nämlich 25 Zoll $9\frac{1}{3}$ Lin. und 24 Zoll $11\frac{1}{3}$ Lin.), verhält zu 714 Fuß, als der Höhe der Felsenwand, so verhält sich der Unterschied zwischen den Logarithmen der Barometerhöhen am Ufer des Meeres (28 Zoll 1 Linie) zu der Höhe dieses Ortes über der Meeresfläche.

Sulzer führt an, es sey in Scheuchzers Bestimmung, oder in der Messung der Höhe des Quecksilbers ein offenbarer Fehler; denn aus dieser seiner Bestimmung folge, daß Pfeffers nicht einmal 1200 Fuß über dem Meere sey, und das sey nach allen Beobachtungen falsch. Die Höhe von 1200 Fuß kommt nämlich heraus, wenn man nach Daniel Bernoulli's Regel rechnet, und dabey, so wie es Scheuchzer und sein Sohn angeben, annimmt, das Barometer falle in jener Gegend um 1 Linie in einer Höhe von 71,4 Fuß. Käſtner t) erinnert aber

t) Abhandlung von Höhenmess. durch das Barometer. Götting. 1775. 8. S. 262. f.

er am Ende jeder Reihe ſeiner Beobachtungen wieder an den Ort gefahren ſey, wo er angefangen hatte, und den Barometerſtand, wie im Anfange, befunden habe.

Aus dieſen Beobachtungen hat Celſius berechnet, was für ein großer Unterſchied der Höhen einer Linie Queckſilber zugehöre. Nachdem er auf ſolche Art ein Paar Beobachtungen mit einander verglich, fand er folgende Reſultate:

Teufe	Barometers Veränderung	Höhe, welcher 1 Lin. Bar. Veränd. zugehört.
1003 Fuß	9,3 Linien	107¾ Fuß
691 —	6,5 —	106⅓ —
691 —	6,3 —	109¾ —
312 —	2,8 —	111½ —
440 —	4,7 —	93¾ —
220 —	2,3 —	95½ —
220 —	2,4 —	91¾ —

Käſtner bemerkt hiebey aber ganz richtig, daß dieſe Rechnung deßwegen der Natur nicht ganz gemäß ſey, weil man bey einem großen Unterſchiede der Höhen nicht annehmen dürfe, daß eine Linie Queckſilber an der oberſten Grenze der Höhe ſo viel betrage, als an der unterſten.

Andere ähnliche Beobachtungen mit dem Barometer ſind im Jahre 1743 von Schober x) in den polniſchen Salzgruben Wieliczka und Bochnia angeſtellt worden. Das Barometer, das er hiebey gebrauchte, war nach Dresdner Maaß, die Elle in 24 Zoll, und der Zoll in 12 Linien eingetheilt. Beym erſten

x) Zwey Verſuche mit dem Barometer, in den polniſchen Gruben, Wieliczka und Bochnia, angeſtellt den 7. und 22 Nov. 1743 in einem Schreiben an Käſtner mitgetheilt. S. Hamb. Magaz. B. III. St. 3. S. 250. f.

ersten am 7ten Nov. angstellten Versuche fand er auf einem nicht weit von Wieliczka gelegenen Berge bey der Voigtey Czubinow die Barometerhöhe 31 Zoll $\frac{1}{2}$ Linie, unten am Fuße des Berges, oder über dem Schachte Regis, 190 Ellen tiefer als vorher, 31 Zoll 5 Linien; in den Gruben unter dem Schachte Regis, in einer Teufe vom Tage 230 Ellen, 31 Zoll 8 Linien; und unten in der Kammer Kloski, in einer Teufe vom Tage 380 Ellen, 32 Zoll 3 Linien. Die ganze Veränderung der Höhe des Queckſilbers auf 570 Ellen betrug also 1 Zoll $2\frac{1}{2}$ Linie.

An demſelben Tage verſuchte er auch bey dem Schachte Woyczech, was für eine Höhe das Queckſilber an ſolchen Orten, wo, nach dem Ausdrucke des Bergmanns, kein Wetter iſt, erreiche. Unter dem Schachte, unter einer Teufe vom Tage 120 Ellen, ſtand das Queckſilber, wie unter Regis, 31 Zoll 8 Linien. In der Mitte des Schachts wollte kein Licht lange brennen, unten aber, wo gearbeitet wurde, war es durch öfteres Stören noch zu erhalten, dennoch brannte es beſtändig ganz ſchwach, und mit einer kurzen Flamme, als wenn es verlöſchen wollte.

Den andern Verſuch ſtellte Schober am 22. Nov. in Bochnia an, wo er in den Gruben mehr Teufe hatte. Auf einem Berge, nahe bey dem Schacht Campi, ſtand das Queckſilber 30 Zoll 11 Linien, unten am Fuße des Berges, oder über dem Schachte Campi, 70 Ellen tiefer, 31 Zoll, 1 Linie; in den Gruben unter dem Schachte Campi, in einer Teufe vom Tage 176 Ellen, 31 Zoll $5\frac{1}{3}$ Linie. Unter dem Schachte Niszni, der gleich unter Campi liegt, in einer Teufe vom Tage 382 Ellen, 31 Zoll 10 Linien; unter dem

Schach-

Schachte Gladyszʒ, der auch unter Niszni liegt, in einer Teufe vom Tage 543 Ellen, 32 Zoll 2 Linien.

Das Steigen des Queckſilbers war alſo überhaupt in einer Höhe von 613 Ellen, 1 Zoll 3 Linien.

Peter Horrebow x) hat zur Beſtimmung der Höhen vermittelſt des Barometers ein dem Mariotte ähnliches Verfahren angegeben. Die Atmoſphäre ſtellt er ſich ebenfalls in Schichten getheilt vor, in deren jeder das Queckſilber um Eine Linie fällt, und beſtimmt hieraus die Höhe, die einem beobachteten oder gegebenen Barometerſtande zugehört. Im Jahre 1737 im Auguſt fand er durch Verſuche, daß man ſich 75 Fuß über der Meeresfläche erheben müſſe, wenn das Queckſilber im Barometer um Eine Linie fallen ſoll. Hiernach ſchließt nun Horrebow, wie ſich die beobachtete Barometerhöhe zu 336 Linien (als der Queckſilberhöhe am Meere) verhält, ſo verhalten ſich 75 Fuß (als die Höhe der Luftſäule, welche am Meere Einer Linie Queckſilber das Gleichgewicht hält) zu der Höhe der Luftſäule, welche eben ſo viel am Beobachtungsorte ausrichtet. Denn beſäße die Luft durchgehends gleiche Dichtigkeit; ſo würde ihre Höhe gefunden werden, wenn man 75 Fuß oder 12,5 Toiſen mit den 336 Linien, welche die ganze Höhe von 28 Zoll im Barometer ausmachen, multiplicirte, woraus man 4200 Toiſen erhielte. Da aber die Luft in gröſſerer Höhe immer dünner wird, ſo muß die nächſtfolgende Schicht, welche von dem Ende der 12,5 Toiſen bis dahin gerechnet wird, wo das Queckſilber wieder um

x) Elementa philoſophiae naturalis. Cap. VIII. de denſitate ſtratorum relativa et altitudine atmoſphaerae. Auch im Hamb. Magaz. B. IV. S. 677. f.

um Eine Linie fällt, höher seyn. Diese muß nun nach ihm in eben dem Verhältnisse höher seyn, in welchem die Queckſilbersäule, welche noch im Barometer hängen bleibt, niedriger ist, und dieß nimmt er durchgehends an. Erhebt man sich nämlich in diejenige Höhe, wo das Queckſilber um die Hälfte gefallen ist, und folglich nur 14 Zoll hoch steht; so schließt er: die Schicht der Atmosphäre, welche zu dieser Stelle gehört, sey noch einmal so hoch, als die beym Meere, und folglich 25 Toisen. An derjenigen Stelle, wo das Queckſilber um $\frac{3}{4}$ gefallen ist, und nur 7 Zoll hoch steht, ist die ihr zugehörige Schicht viermal so hoch, als beym Meere, mithin 50 Toisen u. s. w.

Horrebow hat hiernach eine Tafel berechnet, in welcher man die Höhe über der Meeresfläche aus der Barometerhöhe durch alle Linien finden kann. Seine Methode läßt sich kurz so übersehen. Es sey die Barometerhöhe an der Meeresfläche $= \alpha$, und die zu 1 Linie Queckſilberfall gehörige Höhe $= \gamma$, so daß es an dieser Stelle der Atmosphäre noch die Höhe $\alpha - \beta$ zeigt. Kömmt man nun bis dahin, wo das Barometer die Höhe $\alpha - 2\beta$ zeigt, so hört gerade daselbst die zweyte Schicht auf, und ihre Höhe verhält sich zur Höhe der ersten wie $\alpha : \alpha - \beta$, sie ist also $= \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \beta}$. Kömmt man zum Ende der dritten Schicht, wo die Barometerhöhe $\alpha - 3\beta$ ist, so verhält sich ihre Höhe zur ersten, wie $\alpha : \alpha - 2\beta$, mithin ist sie $= \frac{\alpha\gamma}{\alpha - 2\beta}$. Wenn also das Barometer an der untersten Stelle irgend einer solchen Schicht $\alpha - \mu\beta$ hoch steht, so ist die Höhe derselben

ben $= \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \mu\beta}$. Hieraus iſt alſo begreiflich, daß die Höhe über der Meeresfläche ſeyn werde:

$$\gamma$$

$$\gamma + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \beta}$$

$$\gamma + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \beta} + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - 2\beta}$$

$$\gamma + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \beta} + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - 2\beta} \ldots + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - (\mu - 1)\beta}$$

wenn die Barometerhöhe $\alpha - \beta$; $\alpha - 2\beta$; $\alpha - 3\beta$; ..... $\alpha - \mu\beta$ iſt. Nach Horrebow iſt $\alpha =$ 28 Zoll, $\beta = \frac{1}{12}$ Zoll und $\gamma = 12{,}5$ Toiſen, und daraus findet er die Höhe des ganzen Luftkreiſes, oder da, wo die Barometerhöhe $= 0$ iſt, 26862,8 Toiſen. Er glaubt, daß ſeine Rechnung mit der Erfahrung zuſammenſtimme. Die Höhe des Berges Clairet war durch geometriſche Meſſung 277 Toiſ. gefunden worden [z]), und ſeine Regel giebt ſie 277,1 Toiſen. Maraldi und Caſſini laſſen einen Irrthum von 2, 3, ja 4 und $4\frac{1}{2}$ Linien bey der Barometerhöhe zu. Schränkt man nun dies in nicht engere Grenzen ein, ſo glaubt Horrebow, ſeine Theorie werde überall Genüge leiſten.

Bouguer [a]) hat aus ſeinen in Amerika angeſtellten Beobachtungen eine Regel hergeleitet, welche wegen ihres berühmten Urhebers und wegen der leichten Berechnung, die ſie vorſchreibt, ſehr bekannt geworden

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. an. 1702.

a) Voyage au Perou in der Figure de la terre. à Paris 1749. 4. S. XXXIX.

worden ist. Diese Regel ist folgende: man drucke die Quecksilberhöhen im Barometer in Linien aus; in den gewöhnlichen Tafeln schlage man dieser Zahlen Logarithmen auf und nehme derselben Unterschied; von diesem Unterschiede ziehe man seinen dreyßigsten Theil ab; und von dem, was übrig bleibt, behalte man nur die Kennziffer und die vier nächsten höchsten Ziffern; dies ist die relative Höhe der Oerter in Toisen. Bouguer nennt diese Regel sehr einfach, zeigt aber nirgend ihren Grund an, sondern sagt nur, sie beruhe darauf, daß sich die Dichtigkeiten der Luft in geometrischer Progression ändern, indem sich die Höhen in arithmetischer ändern. Herr Kästner vermuthet, Bouguer könnte seine Regel folgendermaaßen gefunden haben: er hätte ein gewisses Verhältniß zwischen den Dichtigkeiten des Wassers und der Luft am Meere angenommen, daraus das zwischen Luft und Quecksilber hergeleitet, und sich so eine Formel nach der Anleitung gemacht, die Halley vorlängst gegeben habe. Nun hätte er, um eine leichte Rechnung zu bekommen, das, was in den veränderlichen Logarithmen multiplicirt werden muß, so einfach als möglich. Dabey würde er sich denn freylich kleine Aenderungen in den Zahlen, aus welchen der Coefficient entsteht, erlaubt haben, um ihn endlich auf $\frac{290000}{30}$ zu bringen, welches die Bequemlichkeit gab, daß man nur $\frac{1}{30}$ abziehen darf.

Bouguer meldete kurz vor seinem Tode in einem Briefe an Needham [b]), seine Methode sey nur

b) Observations des hauteurs faites avec le baromètre au mois d'Août 1751. sur une partie des Alpes par Mf. *Needham*. à Berne 1760. 4.

nur für Berge gut, wo der Stand des Queckſilbers nicht ſehr veränderlich ſey, und erinnert dabey, ſeine Methode gebe nicht unmittelbar die Höhe der Berge über das Meer, ſondern wie viel ihre Höhe weniger betrage, als die des Pichincha, welchen er zur Grenze genommen habe, weil er ihn für den höchſten der Berge halte, auf die man kommen könne. Er habe ihn durch geometriſche Meſſung 2434 Toiſen über das Meer gefunden. Die eben angeführte beſondere Angabe hat Käſtner näher zu beſtimmen geſucht, und ihren Grund aus folgenden gemuthmaßet. Des Pichincha Höhe über dem Meere nahm Bouguer für zuverläſſig an, weil er ſie geometriſch gemeſſen hatte, ſo wie auch den Stand des Barometers auf dieſem Berge, weil er vermuthlich glaubte, der Druck der Atmoſphäre ändere ſich daſelbſt nicht merklich; dem Stande am Meere mochte er aus der entgegengeſetzten Urſache nicht ſo viel trauen; Unterſuchungen darüber brachten Käſtnern auf die Spur, auf was für Abmeſſungen Bouguer ſeine Regel gegründet habe. Bouguer hatte nämlich zum Grunde ſeiner Regel die Barometerſtände zu Carabourou und auf dem Pichincha, jenen von $21'' 2\frac{3}{4}''' = 254{,}75'''$, dieſen von $15'' 11''' = 191'''$, nebſt der geometriſch gemeſſenen Höhe des letztern über den erſtern von 1209 Toiſen zum Grunde gelegt. Daher muß man für jeden andern Berg nach Bouguer's Regel erſt die Tiefe unter dem Pichincha berechnen, und aus ihr und des Pichincha geometriſch gemeſſenen Höhe über dem Meere des Berges Höhe. Auch wird ſeine Regel richtiger zutreffen, wenn der Berg nicht ſo gar tief unter dem Pichincha iſt. Uebrigens bemerkt Käſtner, er wiſſe nicht, wie groß der Gefallen ſey, den Bouguer manchem Leſer gethan habe, daß er ihnen

eine

eine so einfache Regel gebe, und dabey zu sagen vergesse, daß man nach ihr nicht, wie sonst gewöhnlich ist, vom Meere aufwärts, sondern vom Pichincha herunterwärts rechnen muß, und was er sonst noch alles Herrn Needham belehre, welcher aus Mangel dieses Unterrichts zuvor wirklich in Fehler gefallen sey, in die zum Theil Jeder fallen müßte, der eines so großen Mannes Regel auf Treu und Glauben brauchte.

Nachdem Needham Bouguer's Unterricht erhalten hatte, und hiernach rechnete, so fand er die Höhen der Berge über das Meer 63 Toisen größer, als er sie zuvor gefunden hatte. Er glaubte, daß hiebey ein Fehler obwalten müsse; entweder rechne Bouguer 63 Toisen zu viel, oder er so viel zu wenig: er meint aber, bey großen Höhen über das Meer, auf welche allein Bouguer seine Regel wolle angewandt haben, seyen 63 Toisen nicht beträchtlich. Er schlägt daher vor: man solle ein Barometer am Meere beobachten lassen, ein anderes mit auf die Reise nehmen, und geringere Höhen, bis sich etwa das Quecksilber 38 oder 40 Linien senke, d. i. Höhen von 5 bis 6 hundert Toisen, nach Bouguer's Regel von unten hinauf rechnen; nicht zu vergessen, obbenannte 63 Toisen abzuziehen. Größere Höhen soll man mit Bouguer zuerst vom Pichincha herunterrechnen. Herr Kästner bemerkt aber ganz richtig, daß dies Vorschläge sind, welche zeigen, daß Needham die Gründe von Bouguer's Regel nicht aufgesucht habe, und so etwas an sie flicken wolle, das nicht an sie passe.

Bouguer hat noch in einem eigenen Aufsatze c) Bemerkungen gemacht, wovon einige angeführt zu werden verdienen. Seine Regel zur Bestimmung der Höhen mittelst des Barometers trägt er hier so vor, wie sie erzählt worden ist. Als den Grund seines Verfahrens giebt er an: die Natur stelle uns in der Atmosphäre Logarithmen dar, aber sie habe da nicht die willkührliche Form der unsrigen angenommen, welche sich mit auf unsere Decimalordnung gründet; die Logarithmen der Atmosphäre seyen den Tabularlogarithmen proportionirt, aber nicht die nämlichen; daher müsse man die unsrigen durch Vermehrung oder Verminderung auf diejenigen bringen, welche uns von den Verdichtungen der Luft dargestellt werden; hieraus sehe man den Grund, warum die vorgeschriebene Veränderung mit unsern Logarithmen gemacht werden müsse; es sey aber hiebey hinreichend, ein für allemal die Logarithmen der Barometerhöhen mit der Höhe eines einzigen Berges zu vergleichen.

Seine Regel, sagt Bouguer, gebe oben auf dem Gebürge, wo die Franzosen gemessen hätten, kaum 7 bis 8 Toisen Fehler bey Höhen von 1500 bis 1600. So fand er nach seiner Regel den Pichincha über den Carabourou 1209 Toisen erhaben, welches er durch geometrische Messungen 1208 Toisen gefunden hatte. Als ein anderes Beyspiel giebt er: auf einem Berge, Choussai, habe Godin das Barometer 17 Zoll 5 Linien gefunden, zu Alaussi, einem Flecken am Fuße des Berges, 17 Zoll $10\frac{1}{2}$ Lin.; daraus folge nach seiner Regel die Höhe 698 Toisen, und Godin habe sie geometrisch 697 gefunden. Uebrigens versichert er, er

c) Sur les dilatations de l'air dans l'atmosphère in den Mémoir. de Paris. 1753.

er könne seine Regel noch durch mehr als 30 Beyspiele bestätigen.

Nun aber erinnert Bouguer, es sey merkwürdig, und ein wichtiger Gegenstand der Untersuchung, daß diese Regel in ihrer Allgemeinheit beybehalten nicht im untersten Theile der Cordilleras, nicht bey allen andern Gebirgen der heißen Zone, noch weniger in Europa, gelte. Daher hätten einige Naturforscher andere Methoden statt derjenigen gesucht, die sich auf die Logarithmen gründe. Dergleichen Methoden könnten für gewisse Länder und Gebürge anwendbar seyn; allein sie alle setzten zum voraus, die Ausbreitung der Luft in unterschiedenen Höhen über dem Horizonte richte sich nicht nach einer geometrischen Progression, obgleich eine unzählige Menge von Versuchen auf den höchsten Bergen und am Ufer des Meeres, in der heißen Zone und in den gemäßigten Zonen gelehrt hätten, daß sich die Elasticität einer jeden Luftmasse genau wie ihre Dichtigkeit verhalte.

Also entsteht die Schwierigkeit: warum man die Vergleichung zwischen Höhen und Barometerständen nicht allemal so findet, wie eine natürliche Folge aus dem Gesetze der Elasticität der Luft sie angiebt? Aus den Wirkungen der Wärme läßt sich dies, nach Bouguer, nicht zulänglich erklären; denn die Wärme sey nahe am Horizonte größer, als in der Höhe, und doch sey die Luft unten fast allemal dichter, als sie nach der Regel seyn solle. Wenn man den Barometerstand auf einem niedrigen Berge beobachte, und daraus ferner die Höhe eines höhern darüber, etwa von drey- bis vierhundert Toisen, sucht, so wird man diese Höhe fast immer zu klein finden; zum Beweise, daß die Luft an der Erde dichter ist, als sie nach der Regel seyn sollte,

obgleich die Wärme da arbeitet, sie zu verdünnen. Bouguer hält die Erläuterungen, welche er über diese Schwierigkeit geben kann, nicht für zulänglich, aber doch zu fernern Untersuchungen dienlich. Eine kömmt darauf an: man dürfe nicht sicher voraussetzen, daß alle Theilchen der groben Luft einander gleich und ähnlich wären, folglich eines genau so viel Elasticität besitze, als das andere. Bouguer beruft sich deßwegen selbst auf Leibnitzen's Satz: daß es in der Natur nicht zwey vollkommen ähnliche Dinge gebe. Der Umstand, daß einige Lufttheilchen mehr oder weniger Elasticität haben mögen als andere, sucht Bouguer durch bekannte Erfahrungen glaublich zu machen. Die Luft läßt sich von andern Materien gleichsam einschlucken, und sondert sich wieder von denselben ab. In manchen dieser Zustände verliert sie, wie Hales gezeigt hat, fast ihre Elasticität völlig. Also giebt es ohne Zweifel Stufen zwischen dem völligen Besitze der Elasticität und dem gänzlichen Verluste derselben. Uebrigens glaubt Bouguer, das Gesetz durch Beobachtungen gefunden zu haben, daß sich die schwächere Elasticität im Verhältnisse der Dichtigkeit ändere. Von seinen und seiner Gesellschaft Erfahrungen sind einige auf hohen Gebürgen angestellt worden, andere in niedrigen Gegenden, in Wäldern, wo dicke Luft voll Dünste war. Allemal haben sich die Elasticitäten genau wie die Dichtigkeiten verhalten, obgleich an manchen Orten die Elasticität der dasigen natürlichen Luft viel schwächer seyn mußte, als an andern.

Durch diese Bemerkung benimmt also Bouguer alle Hoffnung, eine allgemeine Regel für die Vergleichung zwischen Höhen und Barometerständen a priori

zu

zu finden, weil es uns unbekannt ist, wie weit die Elasticität der Luft an verschiedenen Orten verschieden seyn könne. Wahrscheinlich befinden sich am niedrigsten in der Atmosphäre diejenigen Theilchen, welche am wenigsten elastisch sind. Ein Theilchen, das nur etwa anderthalbmal elastischer wäre, als andere gleiche Theilchen der Luft, welche wir mit dem Oden in uns ziehen, könnte mit denen, die es hier umgeben, nicht im Gleichgewichte bleiben, es ließe sich nicht genug zusammendrucken, die eigene Schwere der Luft um uns zu erhalten; also wird es aufwärts steigen, wo sich Luft sammlet, die mehr elastisch ist, als unsere.

Bouguer vermuthet daher, daß verschiedene Luftarten bey gleicher Wärme und Dichtigkeit dennoch verschiedenen Widerstand thun, d. i. verschiedene specifische Elasticität besitzen möchten. Hiebey giebt er geometrische Möglichkeiten an, wie Schichten von mehr elastischer Luft unten und von weniger elastischer oben seyn könnten; aber dieses Gleichgewicht würde durch die geringste Bewegung gestört werden, und sich nicht wieder herstellen.

In den niedrigern Gegenden der Atmosphäre werden beständig Theile von verschiedener specifischer Elasticität durch Winde, Wärme u. d. g. unter einander gebracht. In den höhern ist alles in einem ruhigen Gleichgewichte. Dies giebt Bouguer mit als die Ursache an, warum sich durch die Logarithmen die Unterschiede der Höhen hoher Berge sicherer finden lassen, wenn man sich nämlich des Barometers von Höhen, welche 600 bis 700 Toisen betragen, bis zu 2400 oder 2500 bedient. In größern Höhen Versuche anzustellen, verbot der beständige Schnee, wel-

cher die höchsten Berge auch in der heißen Zone bedeckt.

Man muß daher nicht, wie bisher gewöhnlich war, vom Ufer des Meeres die Höhen aufwärts suchen; sondern umgekehrt, die Tiefe unter den höchsten Grenzen, wo die Intensität der Elasticität der Luft genau einerley ist, und wo sich zugleich der Stand des Queckſilbers an einem Orte weniger ändert. So läßt es sich finden, wie viel die höchsten Europäischen Gebürge niedriger als die Cordilleras, und daraus, wie viel sie höher, als die Meere, sind.

Bouguer untersucht nunmehr, ob sich nicht Mittel angeben lassen, die Anwendung der Logarithmen allgemein zu machen. Wenn man an jedem Orte, wo man Barometerbeobachtungen machen will, das Gewicht der Luft fände, die einen gegebenen Raum, z. B. Einen Cubikfuß ausfüllt, so ließe sich daraus beurtheilen, wie weit das Verhältniß der Dichtigkeiten von dem Verhältniß der druckenden Kräfte unterschieden wäre. Allein Bouguer bemerkt, es sey für einen Reisenden beschwerlich, die dazu nöthigen Instrumente mit sich zu führen. Er sey daher genöthigt, auf andere leichter auszuführende Mittel zu denken.

Wenn man eine Kugel oder einen Cylinder, an einen Faden gebunden, schwingen läßt, so erhellet, daß die Schwingungen dieses Pendels wegen des Widerstandes der Luft nach und nach in kleinere Räume auslaufen werden. So habe sich Newton solcher Pendel in unterschiedenen flüssigen Materien bedient, dadurch die Dichtigkeiten dieser Materien miteinander zu vergleichen. Dieses Mittel schlägt nun

Bou-

Bouguer vor, die Dichtigkeiten der Luft an verſchiedenen Stellen mit einander zu vergleichen, und erwähnt einige Verſuche, die er ſelbſt damit angeſtellt hat. So hat er mit Zuziehung der Barometerbeobachtungen an verſchiedenen Stellen, vom Pichincha herab bis ans Ufer des Meeres, ſpecifiſche Elaſticitäten und Dichtigkeiten mit einander verglichen, und ſtellt die Reſultate davon in einer Zeichnung dar, wo die Höhen vom Ufer des Meeres als Abſciſſen angenommen, und an ſie, als Ordinaten dreyer Linien, Barometerhöhen, Dichtigkeiten, und ſpecifiſche Elaſticitäten geſetzt ſind. Die letzte wird von Quito bis zum Pichincha, eine gerade Linie, der Abſciſſenlinie parallel, weil in ſolchen großen Höhen die ſpecifiſche Elaſticität der Luft faſt ungeändert bleibt. Dieſe Reſultate giebt Bouguer ſelbſt nicht für ganz ſicher aus, weil zwiſchen manchen Erfahrungen ziemlich viel Zeit verfloſſen iſt, daher an manchen Orten die Beſchaffenheit des Bodens Unrichtigkeiten verurſacht haben kann. Sein Landsmann, de la Lande [d]), urtheilt, daß ſeine krumme Linie der Elaſticitäten die krumme Linie der Irrthümer ſey, welche bey den von Bouguer gebrauchten Meſſungen begangen worden ſind.

Tobias Mayer in Göttingen hat zwey Tafeln zu barometriſchen Höhenmeſſungen entworfen, von welchen Beckmann [e]) und genauer Käſtner [f]) redet. Der lateiniſchen Ueberſchrift zu Folge enthalten

d) Connoiſſance des mouvem. céleſt. 1765. p. 219.

e) Larmanns ſibiriſche Briefe. Göttingen 1769. 8. Anmerk. S. 34.

f) Abhandl. von Höhenm. durch das Barometer §. 214. u. f.

ten ſie Barometerhöhen mit zugehörigen Höhen über dem Horizont des Meeres im Pariſer Maaße angegeben. Von der Art ihrer Verfertigung und den Gründen, auf welchen ſie beruhen, iſt nichts angezeigt. Sie gehen alle durch einzelne Linien der Barometerhöhen, die innerhalb ihrer Grenzen fallen. Die erſte von 28 Zoll 4 Linien und der Höhe 0 bis 15 Zoll 0 Lin., dazu die Höhe 2762 Toiſen gehört; die zweite fängt von 29 Zoll 6 Linien an, der ſie 77 Toiſen, als Tiefe oder negative Höhe, giebt; bey 28 Zoll iſt ihre Höhe = 0; und ihr letztes Glied 14 Zoll 6 Linien mit 2859 Toiſen Höhe. Die Regel, nach welcher die erſte Tafel berechnet worden iſt, beruhet, wie Käſtner aufgeſucht hat, auf dieſer Formel:

$$x = \frac{1513 . \log. (340 : 9)}{\log. (24 : 24)}$$

Nun iſt log. (24 : 24) = 0,1512677
Ferner log. 0,1512677 = 0,1797462 — 1
abzuziehen von log. 1513 = 3,1798389

$$\log. \frac{1513}{\log. (24 : 24)} = 4,0000927$$

und die Zahl zu dieſem Logarithmen = 10002.

So müßte es ſich alſo nach Käſtnern verhalten, wenn man annehme, die Zahlen der Tafeln ſeyen in der größten Schärfe zu verſtehn. Da aber offenbar ſey, daß Kleinigkeiten bey Seite geſetzt worden ſind, ſo dürfe man wohl ſtatt der Zahl 10002 die 10000 annehmen. Nämlich der Logarithme, der als Nenner in der Formel für x ſtehe, ſey beynahe ein Zehntauſendtheil der Zahl, die im Zählen, in den veränderlichen Logarithmen, multiplicirt werde. Alſo iſt

$$x = 10000 . \log. (340 : y),$$

wo

wo y die beobachtete Barometerhöhe in Linien ausdruckt, und x eine Zahl von Toisen andeutet.

Für y = 24 Zoll = 288 Linien ist log. (340 : 288) = 0,0720864, also x = 721 Toisen. So giebt es auch die erste Tafel an.

Die zweyte Tafel setzt bey 28 Zoll 4 Linien die Höhe = − 51, eigentlich so viel Tiefe unter ihrem Horizont. In der erstern aber gehören zu eben dem Barometerstande 51 Toisen wirkliche Höhe über ihrem Horizonte. Dies zeigt sogleich, daß beyde Tafeln im Grunde einerley sind, daß die zweyte Tafel Höhen über einen Horizont angiebt, der 51 Toisen über den der ersten erhoben ist. Bedeutet daher x in der ersten und z in der zweyten Zahlen, die zu einerley Barometerstande gehören, so ist z = x − 51.

Die erste dieser beyden Tafeln hatte Mayer bereits im Jahre 1751. dem Prof. Hollmannen mitgetheilt, welcher sie zu Bestimmung der Höhen von Clausthal und Göttingen gebraucht hat.

Uebrigens ist Mayer's Regel gerade diejenige, welche bey der leichtesten Rechnung zugleich die richtigsten Resultate giebt, und daher bey den neuern Verbesserungen dieser Theorie durchgängig zum Grunde gelegt worden ist.

Lambert g) hat in einer eigenen Abhandlung von den Barometerhöhen und ihren Veränderungen manches schätzbare gesagt. Er sagt, Mariotte's Regel sey zu früh verworfen worden; man hätte sie nur

g) In den Abhandl. der Churbayerf. Akad. der Wissensch. B. III. Th. 2. S. 75-182.

nur verbeſſern und vollſtändiger machen ſollen. Lambert legt daher ebenfalls zum Grunde: daß ſich die Dichtigkeiten wie die druckenden Kräfte verhalten. Bey den Erfahrungen aber, nach welchen man dieſen Satz zum Gebrauche hat anwenden wollen, findet er viel zu erinnern. Die geometriſch gemeſſenen Höhen der Berge ſeyen unſicher, beſonders weil die Strahlenbrechung dabey nicht gehörig in Betrachtung gezogen worden ſey. Auch ſey hiebey die Wärme zu beabſichtigen. Mariotte ſetze die Wärme in allen Höhen beſtändig, aber ſie ſey unten größer als oben, doch gebe es noch in der Oberfläche der Luft eine Wärme. So ſey die untere Luft wegen des Ueberſchuſſes der Wärme dünner, als ſie ſeyn würde, wenn durchaus einerley Wärme wäre; im Gegentheil werde ſie durch Dünſte dichter, welche in der untern Luft verhältnißmäßig häufiger ſind, als in der obern. Hebe eines das andere auf, würde dieſe Luft, durch den Ueberſchuß der Wärme, gleich um ſo viel dünner, als ſie durch die darinn befindlichen Dünſte dichter werde, ſo könnte Mariotte's Regel vollkommen richtig bleiben. Dünſte, welche zugleich mit der Luft zuſammengepreßt würden, vermehrten dieſer Luft Elaſticität, einmahl dadurch, daß ſie einen Raum einnähmen, und ſo die Lufttheilchen noch enger zuſammenpreßten, dann, daß ſie als eine todte Laſt das Gewicht der ganzen Luft vermehrten, und ſo die untere noch enger zuſammendrukken hülfen, ohne daß ſie ſelbſt etwas beſäßen, das ſich ihm widerſetzte.

Alle dieſe Sätze erläutert und beſtätigt Lambert durch Unterſuchung und Vergleichung vieler barometriſcher Beobachtungen. Er findet daraus, Mariotte's Geſetz der Dichtigkeit treffe eigentlich nur in

ſehr

ehr großen Höhen zu, nämlich in solchen, wo der Barometerstand etwa 14 Zoll und niedriger sey. Näher bey der Erdfläche machten besonders Dünste und Wärme Unordnungen darinn.

Bey seiner Berechnung nimmt er anfänglich den Satz an, daß sich die Dichtigkeit wie der Druck verhalte, berechnet hiernach die Höhe, und verbessert diese alsdenn. Er hatte Berge angenommen, deren Höhen geometrisch gemessen und auf denen auch das Barometer beobachtet worden war. Die geometrischen Messungen hatte er bereits in seiner Schrift: les propriétés de la route de la lumière par les airs, durch die Strahlenbrechung verbessert. Druckte er nun die Barometerstände in Linien aus, und zog von jedem Logarithmen den von 336, des mittleren Barometerstandes am Meere, ab, so fand er, daß der jedesmalige Unterschied der Logarithmen mit 1000 multiplicirt, und die drey niedrigsten Ziffern weggelassen, ziemlich genau die Höhen in Toisen vorstellte, aber doch bey größern Höhen merkliche Fehler gab. Beym Canisgou, wo der Barometerstand 20 Zoll $\frac{1}{2}$ Linie, die geometrische Höhe 1424,5 Toisen ist, betrug der Fehler 28 Toisen. Er suchte also die kleine nöthige Verbesserung und giebt folgende Formel. Die Barometerstände am Meere in Linien ausgedruckt seyen α; y in einer Höhe von x Toisen, so ist

$$x = 10000.\log.(\alpha : y) - \frac{43\,(336 - y)}{43 + (336 - y)}$$

Als ein Beyspiel giebt er $y = 300 = 25$ Zoll; da ist $10000 . \log. (336 : 300) = 492{,}181$; und die

$$\text{Verbesserung} = -\frac{43 . 36}{43 + 36} = -19{,}6,$$ also

$x = 472{,}6$ Toisen. Er findet, daß diese Formel zwischen

ſchen verſchiedenen Beobachtungen das Mittel hält, ſchränkt ſich aber doch auf die Berge ein, für welche ſie eigentlich gemacht iſt. Er giebt eine nach ihr berechnete Tafel durch alle Linien von 27 Zoll 11 Linien bis 19 Zoll, und dann noch durch alle halbe Zoll bis 14. Dieſe Tafel iſt auf die mittlere Winterhöhe des Barometers gerichtet, nicht auf den mittleren Stand aus vielen Jahren.

Uebrigens bemerkt Lambert noch, daß hiebey noch vieles zu unterſuchen ſey.

Nach der Zeit hat Lambert noch eine Abhandlung [h]) über die Dichtigkeit der Luft geliefert, welche aber ihre Abſicht vornämlich auf die Refraction richtet. Indeſſen zeigt er doch daſelbſt, es fehle gar viel, daß die Dichtigkeiten der Luft, ſo wie die Refractionen ſie erfordern, ſich wie die Barometerſtände verhalten, giebt davon die bekannte Urſache an, daß die Dichtigkeit mit auf die Wärme ankomme, geſteht aber endlich zu, Mariotte's und Halley's Geſetz, daß ſich die Logarithmen der Barometerſtände wie die Höhen der Oerter verhalten, ſey der Wahrheit ſehr nahe.

Gregor Fontana [i]) gab im Jahre 1771 eine Schrift über die Barometerhöhe heraus, deren hieher gehörige Inhalt eigentlich folgende Aufgabe betrifft: Man hat die Barometerhöhe am Meere; die Schwere iſt veränderlich und verhält ſich verkehrt, wie eine

h) Nouveaux mém. de l'Acad. roy. de Pruſſe. an. 1772. p. 103.

i) Delle Altezze barometriche, et di alcuni inſigni paradoſſi, relativi alle medeſime, ſaggio analitico. Pavia 1771. 8.

eine Potenz der Entfernung vom Mittelpunkte, deren Exponent gegeben ist; wie groß ist die Barometerhöhe in einer gegebenen Stelle über dem Meere? Die allgemeine Auflösung dieser Aufgabe leitet auf eine Differenzialgleichung, in welcher die veränderlichen Größen vermengt sind, und welche sich integriren läßt. Sonst erhellet, daß Fontana's Hauptabsicht dabey gewesen ist, die Anwendung analytischer Kunstgriffe zur Auflösung einer so allgemeinen Aufgabe zu zeigen. In der Ausübung kann sie aber nicht vorkommen, weil wir beständig in Stellen bleiben, wo die Schwere als unveränderlich anzusehen ist. Schon Newton hat eben diese Untersuchung durch die Betrachtung der Hyperbel, und Roger Cotes [k]) durch die logarithmische Linie angestellt.

Eins der vorzüglichsten Werke über die Bestimmung der Höhen durchs Barometer sind des Herrn de Lüc Untersuchungen über die Atmosphäre [l]). Wie sehr die vor der Bekanntmachung seiner Bemühungen bekannten Regeln der Höhenmessung von einander abwichen, zeigten ihm folgende daraus berechnete Resultate.

Höhen des Caraçon

nach	Mariotte's arithmetischer Progression - - - -	13167 Fuß
—	Mariotte's eigentlichen Grundsätzen - - - -	12049 —

nach

k) Harmonia mensurar. P. I. prop. 5. schol. oper. *Cotesii.* Cantabr. 1722. p. 18.

l) Recherches sur les modifications de l'Atmosphère. à Geneve T. I. et II. 1772. 4. Untersuch. über die Atmosphäre a. d. Franz. übers. Leipz. Th. I. 1776. Th. II. 1778. 8.

nach Caſſini	16217	Fuß
— Dan. Bernoulli	16903	—
— Horrebow	14344	—
— Bouguer	14359,9	—
— Halley	14486	—
— Scheuchzer	12386	—
— Maraldi	19941	—
— Mayer	14855	—
durch geometriſche Meſſung	14820	—

Dieſe Ungewißheit gab Herrn de Lüc zu ſeinen mühſamen Unterſuchungen über das Barometer Veranlaſſung, wovon das weſentlichſte bereits oben erzählt worden iſt. Die Urſachen der bisherigen Ungewißheit fand er theils in der Unvollkommenheit der Barometer ſelbſt, theils aber in der gänzlichen Vernachläſſigung des großen Einfluſſes der Wärme, ſo wohl auf das Queckſilber, als auf die Luft.

Herr de Lüc findet aus einer großen Anzahl von Beobachtungen und Meſſungen auf dem Berge Saleve bey Genf, daß die Differenz der Logarithmen (als ganze Zahl geleſen) die Höhe in Tauſendtheilchen der Toiſe giebt, wenn die Wärme der Luft $+ 16\frac{3}{4}$ Grad des Queckſilberthermometers von 80 Graden iſt. Für dieſen Grad der Wärme iſt alſo nach de Lüc's Erfahrungen die Höhe über dem Horizont, wo der Barometerſtand 29 Zoll iſt, $=$ 10000 . log. (348 : y), und über einem andern, wo er α Linien iſt, die Höhe 10000 . log. (348 : α), und folglich die Höhe zwiſchen den beyden Stellen, wo die Barometerſtände α und y Linien ſind, $=$ 10000 . log. (α — y).

Dies iſt alſo völlig diejenige Regel, nach welcher Mayer ſeine Tafel verfertigt hat. Ohne Zwei-

sel ist in dem Jahre, da Mayer seine Tafel dem Prof. Hollmann mitgetheilt hat, nichts umständliches von de Lüc's Bemühungen bekannt gewesen. Folglich hatte Mayer seine Tafeln auf Vorschriften gegründet, die de Lüc, ohne etwas von Mayer's Tafeln zu wissen, auch durch seine Erfahrungen herausgebracht hat.

Anstatt aber eine so leichte Regel aus seiner Erfahrung abzuleiten, handelt de Lüc sehr weitläuftig von Abtheilung der Atmosphäre in Schichten, deren jede einer Linie Queckſilberfall zugehört. Dergleichen Schichten macht er 348, und betrachtet sie auf zweyerley Art; einmal, als wenn in jeder die Luft durchaus so dicht wäre, als an der obersten Grenze, hernach, als wenn jede durchaus so dichte Luft hätte, als an ihrer untersten Grenze. Das erstere giebt die Schicht zu groß, das andere zu klein. Für jede dieser Voraussetzungen nun lehrt de Lüc eine Regel, die Größe jeder Schicht anzugeben. Diese Schichten, nach jeder Voraussetzung berechnet, müßte man nun zusammen addiren, um die Höhe für einen gegebenen Barometerstand zu finden, und fände solche Höhe einmal zu groß, das andremal zu klein.

Nun zeigt er sehr weitläuftig, wie diese Addition der Schichten verrichtet werden müsse. Er entschuldigt aber diese Weitläuftigkeit damit, daß diejenigen, welche die Eigenschaft der Hyperbel kennen, gleich vom Anfange gesehen haben würden, worauf es ankomme, für andere aber würde sein Beweis, welcher mehr mit den physischen Ursachen verbunden wäre, verständlicher seyn.

Um nun aber die Berichtigung der Höhen zu finden, welche für andere Grade der Wärme, als den

von $16\frac{3}{4}$ Grad, nöthig iſt, ordnete de Lüc ſeine Beobachtungen ſo, daß er die, wo größere Wärme, und die, wo geringere geweſen war, abſonderte, merkte ſich bey jeder Beobachtung die Wärme, und, was die Logarithmen gaben, in Fuße ausgedruckt, an. Bey jeder Station berechnete er die Summe aller Grade der Wärme über den von $16\frac{3}{4}$ Grad, und aller Höhen, welche ihm die Rechnung gab. Eben dieß that er für die Wärmegrade unter $16\frac{3}{4}$. Aus jeder dieſer beyden Rechnungen nahm er das Mittel, verglich ſolches mit dem, was die Logarithmen bey den Höhen zu viel oder zu wenig gaben, und ſo fand er, für jeden Grad der Wärme über oder unter dem angezeigten, wie viel Fuß man zu der berechneten Höhe addiren oder davon abziehen müſſe.

Hievon giebt er folgendes Beyſpiel. Eine ſeiner Stationen war 2582 Fuß über die gemeinſchaftliche Grundlinie erhoben. Bey ihr hatte er zu verſchiedenen Zeiten 17 Beobachtungen angeſtellt. Darunter war bey achten das Thermometer niedriger, als der angezeigte Grad $16\frac{3}{4}$; dieſe acht Thermometerſtände unter $16\frac{3}{4}$ Grad als negativ angeſehen, hatten zur Summe $-33\frac{1}{3}$. Bey den neun übrigen Beobachtungen gaben die poſitiven Thermometerſtände zur Summe $+31\frac{5}{6}$. Das Mittel hieraus fand er alſo $-4\frac{1}{6}$ und $+3\frac{1}{2}$. Die Höhe ward durch die Logarithmen aus jeder der erſten acht Beobachtungen berechnet, und die Zahlen dieſer Rechnungen machten zuſammen 21037 Fuß. Dieſe Summe auch mit 8 dividirt giebt das Mittel dieſer berechneten Höhen 2630. Die Höhen aus den letzten neun Beobachtungen berechnet gaben zur Summe 22875; das Mittel aus ihnen 2542. Wenn man nun jedes dieſer Mittel aus berechneten

Höhen

Höhen mit der geometrisch gemessenen vergleicht, so findet sich folgendes:

—	$4\frac{1}{6}$ Grad geben	48 Fuß	zu viel
+	$3\frac{1}{2}$ —	— 40 —	zu wenig

$7\frac{2}{3}$ Grad U. der Wärme geb. 88 Fuß U. der Höhen, mithin giebt 1 Grad Unterschied der Wärme ohngefähr $11\frac{1}{2}$ Fuß Unterschied der Höhe.

Auf diese Art berechnete de Lüc alle seine Beobachtungen bey allen seinen Stationen, fand aber nicht überall Einförmigkeit zwischen Verminderung und Vermehrung der Wärme. Weil er aber weder diesen Irrthum, noch desselben Ursache kannte, so machte er sich eine Tafel, wie viel Fuß für jeden Wärmegrad müßten geändert werden, und verbesserte darnach seine berechneten Höhen. Nun ordnete er seine Beobachtungen von neuem nach der Witterung, und nach der Zeit. Und da fand sich, daß alle, die um die Zeit des Aufganges der Sonne gemacht waren, obgleich wie die übrigen berechnet, allemal dem Orte der Beobachtung weniger Höhe gaben. Durch Vergleichung seiner Erfahrungen versicherte er sich, die Wärme sey am kleinsten beym Aufgange der Sonne, am größten, wenn $\frac{3}{4}$ der Zeit vorbey sind, da die Sonne über dem Horizonte ist, und ihre mittlere Größe falle in den fünften Theil dieser Zeit, oder kurz vor Untergang der Sonne. Die Ursache dieser Erfahrung scheint ihm der Ostwind zu seyn, welcher sich oft kurz vor Aufgang der Sonne erhebt, wenn zuvor die Luft ganz still war. Er glaubt, wenn so bewegte Luft an ruhende stoße, so werde die Luft der Ebene auf die Berge gehoben, dergestalt, daß daselbst das Barometer höher stehe, als es der Wärme gemäß stehen sollte; so werde sein Unterschied vom Barometerstande in der Ebene kleiner, als er seyn sollte,

te, und die Rechnung giebt ſolchergeſtalt die Höhe zu klein. Uebrigens hält er es nicht für unmöglich, daß die erwähnte Ausnahme, wegen der Beobachtungen beym Aufgange der Sonne, manchmal wegfallen könnte, wovon vielleicht die Urſache in der beſondern Lage der Oerter zu ſuchen wäre.

Da de Lüc kein Geſetz, nach welchem dieſe Ausnahme ſich richtete, entdecken konnte, ſo ſetzte er dieſe Beobachtungen alle bey Seite. Sie fanden ſich alle bey negativen Graden der Wärme, und ſo mußte er, nach ihrer Weglaſſung, auch die Rechnungen ändern. Von den acht Beobachtungen des angeführten Beyſpiels war eine bey Aufgang der Sonne gemacht: die Wärme — $5\frac{1}{6}$, die Höhe, die ſie gab, 2600. Er ließ ſie weg, ſo kam für die übrigen ſieben mittlere Wärme — 4; mittlere Höhe 2634. Und nun folgte aus dieſen ſieben mit den übrigen neun zuſammen, daß Ein Grad Wärme weniger, dreyzehn Fuß Höhe mehr giebt. Durch dieſe Weglaſſung erhielt er ſo viel Einförmigkeit, daß die Verbeſſerungen der Höhen für Grade über dem beſtimmten Punkte um eben ſo viel gröſſer waren, als für Grade darunter. Nun ſuchte er für jede ſeiner Stationen das Verhältniß zwiſchen der Höhe des Orts und der mittleren Zahl von Fußen, die man, für einen Grad des Thermometers, um den beſtimmten Punkt herum, addiren, oder ſubtrahiren mußte; imgleichen nach welchem Geſetze ſich dieſe Verhältniſſe änderten, wenn man ſich auf eine oder die andere Seite von dieſem beſtimmten Punkte entfernte. Nach Vollendung dieſer Arbeiten fand er ſo viel Uebereinſtimmung zwiſchen den Verhältniſſen, die er bey jeder Station gefunden hatte, und ſo wenig Ordnung bey ihren kleinen Unterſchieden, daß ihm einfiel, alle die

Brü-

Brüche, welche die Verhältnisse ausdruckten, zu combiniren. Dieß zeigte ihm: um den bestimmten Punkt herum verhalte sich die Verbesserung der Höhe für einen Grad des Thermometers wie 1 : 215. Und überhaupt sagt er: die Verbesserung für einen Grad des Thermometers, + oder —, sey zu der Höhe, welche die Logarithmen geben, wie 1 : 215.

Dieser etwas dunkle Ausdruck bedeutet so viel: das Thermometer stehe n Grade über seinem o; die Höhe, welche man aus den Logarithmen findet, sey β, so ist die Verbesserung $= \frac{n}{215}\beta$, und die verbesserte Höhe $= \beta . \left(1 + \frac{1}{215} . n\right) = 10000 . \left(1 + \frac{n}{215}\right) . \log. (\alpha : y)$.

De Lüc aber fürchtet sich vor den Zahlen 215 und $16\frac{3}{4}$; daher macht er eine neue Thermometerskale, welche beym Siedpunkte + 147, beym Eispunkte — 39, und bey $16\frac{3}{4}$ nach Reaumür Null hat. Weil so zwischen Sied- und Eispunkte 186 Grade enthalten sind, so macht 1 Reaumür. Grad $\frac{186}{80}$ de Lücsche, und, wenn darauf $\frac{1}{215}$ Aenderung kommt, so kommt auf 1 Grad nach de Lüc $\frac{80}{215 . 186} = \frac{1}{500}$ Aenderung. Es sey nun der Grad, den das Thermometer an dieser Stelle zeigt, $= \lambda$, so ist die hinzuzusetzende Berichtigung $= \frac{\lambda}{500}\beta = \frac{2\lambda}{1000}\beta$, und die verbesserte Höhe $= \beta \pm \beta . \frac{2\lambda}{1000}$.

Allen dieſen Bemühungen ungeachtet giebt es doch noch beſondere Umſtände eines Orts, welche die daraus gemachten Folgen abändern. So führt de Lüc einen Berg bey Genf zum Beyſpiel an, welchen die Sonne vom Mittage bis zum Untergange beſcheint, und ſo ſtark erhitzt, daß man noch früh vor Aufgange der Sonne Wärme daran bemerkt. Dieſer erhitzte Berg theilt alſo ſeine Wärme der benachbarten Luft mit, welche ſich dadurch ausbreitet, und ſpecifiſch leichter iſt, als ſie anderswo in eben der horizontalen Schicht iſt; ſo ſteht das Barometer am Fuße des Berges niedriger, als anderswo in eben dem Horizonte. Dieſen Gedanken hat ſich de Lüc dadurch beſtätigt: wenn er Höhen an dieſem Berge mit dem Barometer Nachmittags maß, ſo fand er ſie allemal zu groß; hatte aber Regen oder Wind den Berg abgekühlt, ſo fanden ſich die Höhen richtig.

De Lüc erzählt umſtändlich eine Menge Beobachtungen, die er angeſtellt hat, und die er mit ſeinen Vorſchriften, die größtentheils daraus hergeleitet und dadurch berichtigt ſind, vergleicht. Sein dabey etwas zuſammengeſetztes Verfahren iſt dieſes. Außer dem Barometer, das nach ſeiner Art eingerichtet iſt, braucht er wenigſtens noch zwey Thermometer; das eine befindet ſich am Barometer und dient, zu zeigen, wie viel zu dem Stande, den das Queckſilber im Barometer hat, addirt, oder davon abgezogen werden muß, um den Stand zu bekommen, welchen dieſes Queckſilber haben würde, wenn dieß Thermometer bey o ſtünde. Braucht de Lüc zwey Barometer, eines an der einen Grenze der Höhe, die er meſſen will, das andere an der andern, ſo iſt bey jedem ein ſolches Thermometer. Das zweyte Thermometer iſt vom Barometer abgeſondert, und giebt die

Tem-

Temperatur der Luft an. Auch braucht de Lüc dergleichen Thermometer gern zwey, eins an jeder Grenze der Höhe. Nun beobachtet er jeden Barometerstand; verbessert ihn nach dem ersten Thermometer und aus den so verbesserten Barometerständen berechnet er die Höhe. Diese Höhe verbessert er nach dem zweyten Thermometer.

Im §. 650 u. f. zieht de Lüc allgemeine Folgen aus den Beobachtungen, die an der Fläche des Meeres angestellt worden. Er meldet, Cassini, Mariotte, Scheuchzer, und viele Andere hätten entschieden, man müsse am Ufer des Meeres 60 bis 64 Fuß hoch steigen, wenn das Quecksilber eine Linie fallen solle, aber seine Erfahrungen, für deren Genauigkeit er stehen könne, zeigten, daß solches 80 Fuß betrage. Diese Größe aber sey nach der Wärme der Luft und dem veränderlichen Gewichte der obern Säule veränderlich, sowohl am Meere, als anderswo. Am Ufer des nordischen Meeres, wo die französischen Mathematiker beobachteten, welche den Meridiangrad in Lappland maaßen, bey einer Kälte von — 37 der Skale 80, und 29 Zoll Barometerstande, gehörten 56 Fuß hoch Luft zu einer Linie Quecksilber. In Senegal, bey + 39 Graden des Reaumür'schen Thermometers, und 28 Zoll Barometerhöhe waren von dieser so verdünnten Luft 85 Fuß mit einer Linie Quecksilber im Gleichgewichte. So, sagt de Lüc, haben Mariotte und Scheuchzer der Erfahrung nicht genug gethan, weil sie diese Höhe zu gering annahmen; Maraldi, Cassini, Bernoulli, setzten keinen Verdacht in die Beobachtungen am Ufer des Meeres, und weil sie doch fanden, daß andere Erfahrungen nicht recht damit übereinstimmten, glaubten sie, man müsse das Gesetz der Dichtigkeit der Luft etwas ändern. Da de

Lüc seine Formeln, am Meere und auf den Alpen bis 1560 Toisen über dem Meere, mit der Erfahrung übereinstimmend gefunden hat, so glaubt er, könne man ein Vertrauen in sie setzen, und sie wenigstens künftig durch genauere Beobachtungen berichtigen.

Schwierigkeiten, welche bey der Höhenmessung mittelst des Barometers statt finden, giebt de Lüc im §. 656. u. f. folgende an:

1. Aller Verbesserungen ungeachtet, die er beym Barometer gemacht hat, findet sich doch bey einigen, die sonst übereinstimmen, zuweilen ein Unterschied von $\frac{1}{16}$ oder gar $\frac{1}{8}$ einer Linie. Er glaubt, dieß rühre größtentheils von den Unvollkommenheiten der Röhre her, auch wohl von verschiedener Beschaffenheit des Queckſilbers.

2. Der Einfluß der Wärme auf die Dichtigkeit der Luft. De Lüc hat diese Wärme oft unten und oben beobachtet; aber wie nimmt sie nun zwischen beyden Stellen ab? De Lüc setzt, leichterer Rechnung wegen, zum voraus, es geschehe in einer arithmetischen Progression.

3. Wenn die Wärme zunimmt, und die Luft an einem Orte sich auszubreiten strebt, so kann sie nicht sogleich die benachbarte Luft forttreiben; während der dazu nöthigen Zeit ist sie dichter, als sie, der Wärme gemäß, seyn sollte. Das Gegentheil geschieht auch, wenn die Wärme abnimmt; und so nimmt die Luft selten den Raum ein, den sie nach den allgemeinen Regeln einnehmen sollte, die aus den Beobachtungen zusammengenommen gezogen sind. Bis ohngefähr 200 Fuß über dem Boden, wie groß auch dessen Erhöhung seyn mag, sind die Wirkungen der Wärme

auf

auf die Luft gewöhnlich viel größer, als seine Regel sie angiebt. Dieß schreibt er den Dünsten zu, auf welche die Wärme stärker wirkt, als auf reine Luft; er kann aber davon keine Regeln geben. Endlich weiß man noch nicht recht, wie sich bey einerley Aenderung der Wärme die Aenderungen der Dichtigkeiten der Luft und des Queckſilbers verhalten. Und daher iſt de Lüc ſelbſt von der Vorſchrift, die er zur Verbeſſerung der Höhen gegeben hat, nicht ganz verſichert. Daß das Barometer ſeinen Stand an ein und demſelben Orte ändert, iſt unſtreitig auch eine der beträchtlichſten Schwierigkeiten. Von dieſen Aenderungen handelt de Lüc §. 665–739.

Vorſchriften, welche nunmehr de Lüc giebt, um Fehler zu vermeiden, die aus den angezeigten Urſachen entſtehen können, ſind dieſe:

1. An jede Grenze der Höhe, die man meſſen will, ein Barometer zu ſtellen, jedes einige Stunden lang jede Viertelſtunde einmal zu beobachten, und aus allen das Mittel zu nehmen. Dieſe Vorſchrift, die ſehr oft ſchon allein zulänglich iſt, gründet ſich darauf, daß die meiſten Urſachen der Ausnahmen von den allgemeinen Regeln ſich in kurzen Zeiten immer ändern.

2. Kann man ſich nicht ſo lange aufhalten, ſo ſoll man in der mittleren Wärme des Morgens beobachten, welche in die Zeit fällt, da von dem Aufenthalte der Sonne über dem Horizonte ohngefähr der fünfte Theil vorbey iſt.

3. Bemerkungen der Umſtände des Orts, der Dünſte u. ſ. w. können dienen, Beobachtungen übereinſtimmend zu machen, die etwa ſtreitend ſcheinen,

auch wohl eine allgemeine Regel zu Verbeſſerung dieſer kleinen Fehler zu finden.

Ueber Bouguer's Vorſchriften ſtellt de Lüc §. 764 f. Unterſuchungen an. Deſſen Meynung, daß manche Luft andere Elaſticität beſitze, als andere, iſt nach de Lüc's Gedanken wider die Erfahrung, man wüßte alsdenn nichts von der wirklichen und lokalen Dichtigkeit der Luft. Herr de Lüc bemerkt, daß Bouguer's Barometer nicht durchs Feuer von der Luft gereinigt worden, und daß es aus einem Rohre in einem Gefäße mit Queckſilber beſtanden habe. Aus beyden Urſachen mußte es daher unter gleichen Umſtänden niedriger ſtehen, als das des Herrn de Lüc. Wenn daher ein Paar Barometerſtände von Bouguer eben ſo viel unterſchieden waren, als ein Paar von de Lüc, ſo gehörten die erſtern zu kürzern Queckſilberſäulen und der Unterſchied der Logarithmen dieſer Säulen mußte größer ſeyn, als der Unterſchied der Logarithmen der längern Queckſilberſäulen, die Herrn de Lüc's Barometer gehabt hatte. Auch hat Bouguer den Einfluß der Wärme nicht in Betrachtung gezogen.

De Lüc ſucht aber zu zeigen, daß bey den beſondern Umſtänden, unter welchen Bouguer beobachtet hat, die Fehler, die er eigentlich begieng, einander aufheben, und ſeine Vorſchriften doch mit ſeiner Erfahrung übereintreffen können. Wenn de Lüc's Thermometer — $16\frac{2}{3}$ iſt, ſo zieht er von der Höhe, die ihm der Unterſchied der Logarithmen giebt, $\frac{1}{30}$ ab; das iſt ſo viel, als berechnete er die Höhe nach Bouguer's Regel. Und man kann ſehr wahrſcheinlich annehmen, dies ſey die mittlere Temperatur der Luft geweſen, in der Bouguer beobachtet habe. Seine und anderer Reiſenden Nachrichten ſtimmen darin überein;

ein: in der mittleren Höhe der Cordelliere sey immerwährender Frühling.

Auch wie de la Condamine's und Godin's Erfahrungen mit Bouguer's Regel übereinstimmen können, sucht de Luc zu erklären.

Noch stellt er Betrachtungen über de la Caille's barometrische Abmessungen auf dem Vorgebürge der guten Hofnung an.

Auch lehrt de Luc im §. 786 u. f., wie man die eigene Schwere der Luft zu einer gewissen Zeit sicher finden könne. Er hat im vorhergehenden, da er sich mit seinen Schichten beschäftigte, gefunden: bey einer gewissen Temperatur der Luft müsse man 26094 durch die Zahl der Linien des Barometerstandes dividiren, so komme heraus, wie viel Fuß die Luftsäule hoch sey, die an selbigem Orte, zur selbigen Zeit und mit dieser Wärme, mit einer Linie Queckſilber im Gleichgewichte sey. Man soll also einen Barometerstand beobachten, nach seinem ersten Thermometer verbessern, und nun dividiren. Ist die Temperatur die gehörige, so giebt der Quotient das Gesuchte; ist sie anders, so muß man wieder diesen Quotienten verbessern.

Als ein Exempel setzt er: man finde einen Barometerstand 324$\frac{1}{10}$ Lin. Das erste Thermometer am Barometer sey + 5, das zweyte, das im Freyen die Temperatur der Luft anzeigt, — 15$\frac{3}{4}$. Wegen des ersten Thermometers zieht er $\frac{1}{10}$ Lin. ab, so ist der Barometerstand eigentlich 324 Lin. = 27 Zoll. Und nun $\frac{26094}{324}$ = 89 Fuß 6 Zoll 5 Lin. = 11597 Linien.

Wegen des zweyten Thermometers zieht er hievon

1,1597 . 2 . (15 + $\frac{3}{4}$) ab, so bekommt er für die Höhe der Luftsäule, die einer Linie Quecksilber zugehört, 11232 Lin. Und so, setzt er, würden sich die Dichtigkeiten der Luft und des Quecksilbers verhalten wie 1 : 11232; dies gäbe Luft : Wasser = 1 : 802. Herr de Lüc erinnert, sein Verfahren gebe die eigene Schwere der Luft ein wenig zu klein, und thut Vorschläge, diesen geringen Fehler zu verbessern.

Was die Höhe der Atmosphäre betrifft, so bemerkt der Herr von Mairan [m]), daß die beyden bekannten Methoden, sie durch die Zeitdauer der Dämmerung, und mit Hülfe des Barometers zu finden, bey weitem unzuverlässig sey. Die Erscheinungen, welche das Nordlicht gewährt, und wovon unten weiter gehandelt werden soll, haben den Herrn von Mairan veranlaßt, zu glauben, daß die Höhe der Erdatmosphäre zwischen 200 und 300 französische Meilen falle.

Herr de Lüc nimmt in seinen Untersuchungen über die Atmosphäre §. 794. zwar an, die Luft verdünne sich immer in dem Verhältnisse, wie der Druck abnimmt, in welchem Falle sie bis ins unendliche gehen würde, er schlägt aber vor, das Ende der Atmosphäre dahin zu setzen, wo die Luft nur noch wenig Quecksilber, z. B. noch eine Linie erhalten könne. Für diese Stelle wäre bey der Temperatur von 16$\frac{3}{4}$ Grad die Höhe = 25105,45 Toisen oder 12$\frac{1}{2}$ französische Meilen. Hier wäre die Luft 324 mahl dünner als unten, und Herr de Lüc erinnert noch, daß unsere guten Luftpumpen die Luft so stark verdünnten. Es ist aber gar kein Zweifel, daß sie noch weit dünner werden könne, und Herr de Lüc selbst schätzt end-

m) Traité de l'aurore boréale. an. 1731. 8. sect. II.

endlich die Höhe der Atmosphäre auf $17\frac{1}{2}$ französische Meilen.

Die Erdkugel, als Planet betrachtet.

Da unsere Erde in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne gegen dieselbe in verschiedene Lagen kommt, so folgt schon von selbst, daß die Einwirkung der Sonne auf die verschiedenen Erdstriche verschieden seyn müsse. Untersuchungen hierüber hatten zuerst Halley und der Herr von Mairan angestellt. Nächstdem haben Simpson [n]), Kästner [o]) und Euler [p]) über die Größe der Wirkung der Sonne auf die verschiedenen Erstriche mathematische Betrachtungen angestellt.

Daß es aber hiebey nicht allein auf die Sonnenwärme ankomme, hatte die Erfahrung schon hinreichend gelehrt. Ja man erkannte, daß selbst die Sonnenwärme durch die Beschaffenheit der Erdmasse und ihrer Atmosphäre verschieden modificirt werde. So macht Pet. Wargertin [q]) folgende Bemerkungen über den Unterschied des Klima. Unsere Erde und Luft seyen bey dem langen Winter so abgekühlt, daß die Sonne in den vier ersten Monaten, da sie zu steigen anfange, kaum den Ueberschuß der Kälte zu überwinden vermögend sey. Im März sey oft noch völliger Winter, und doch stehe die Sonne da so hoch, als im September, folglich sollte die Witterung da eben

n) Treatise of fluxions. p. 182. sq.

o) Hamburg. Magazin B. II. S. 426. und bey Lulof's Einleitung zur Kenntniß der Erdkugel. Anm. S. 97. u. f.

p) Comment. Acad. Petrop. Tom. XI.

q) Abhandl. der schwed. Akad. der Wissensch. Jahr 1757. der Uebersetz. S. 159. ff.

eben so gelinde seyn. Deswegen ereigne sich die größte Wärme auch nicht um den Sommerstand, sondern gemeiniglich vier bis sechs Wochen hernach, da die Sonne wirklich schon tiefer sey. Aus eben dieser Ursache falle die größte Wärme jeden Tages nicht in die Mittagsstunde, sondern in die zweyte oder dritte nach Mittag. Die Kälte, welche vom Winter und der Nacht rückständig sey, verursache, daß die Sommer- und Mittagswärme in den Erdstrichen, welche vom Aequator entlegen sind, nicht so groß werde, als sie sonst in Betrachtung der Höhe und der Wirkung der Sonne werden könnte.

Eine andere, auch allgemeine, Ursache trage ebenfalls etwas dazu bey. Die Atmosphäre, welche unsere Erde einige Meilen hoch umgebe, sey voller Theilchen und Dünste, welche etwas von den Sonnenstrahlen auffiengen, ehe sie unsere Erde erreichten. Diejenigen Strahlen, welche senkrecht auf unsere Erde fielen, hätten den kürzesten Weg, und daher giengen von ihnen die meisten durch. Schiefere aber giengen durch einen längern Weg, so daß mehrere von ihnen in der Luft zerstreuet würden. Sey die Luftkugel sieben Meilen hoch, so hätten die lothrechten Strahlen nur diese sieben Meilen zu durchlaufen, aber wenn die Sonne im Horizonte stehe, müßten sie ein und neunzig und eine halbe, oder dreyzehn mahl so viel Meilen in der Luft durchlaufen, um in unser Auge zu kommen. Deßwegen sey auch der Glanz am Horizonte so matt, daß man die Sonne mit bloßen Augen, oder durch ein Fernrohr, ohne Beschwerlichkeit betrachten könne, welches das Auge nicht vertrage, nachdem sie einige Höhe erreicht habe. Wie viel Unterschied dieses in der Wärme verursache, zeige

auch

auch das Brennglas, das bey hoher Sonne feuerfangende Sachen in einem Augenblicke entzünde, aber bey niedriger solches langsam, oder gar nicht bewerkstellige. Daher wirke die Sonne im Winter so wenig auf unsere Luft, ob sie gleich der Erde alsdenn näher sey, und alle Erdstriche, welche außer den Wendekreisen lägen, seyen in Vergleichung mit denjenigen, wo Tag und Nacht gleich seyn, viel kälter, als sie in Rücksicht der Sonnenhöhe seyn sollten, und dieses desto mehr, je näher sie den Polen lägen. Unter den Polen selbst sey die Sonne sechs Monate nach einander beständig über dem Horizonte, aber nie höher, als bis 24 Grade, daher werde auch die dasige Wärme, selbst beym Sommerstande, gering genug seyn.

Hier sey nur erwähnt, daß die Sonne uns, die wir die nördliche Hälfte der Erdkugel bewohnten, im Winter näher sey, als im Sommer. Die Erde befinde sich im December in der Sonnennähe, da ihr die Sonne wirklich um den dreyßigsten Theil größer scheine, und also um den dreyßigsten Theil, oder ungefähr 383300 Meilen näher sey, als im Junius. Dieses mache uns die Winter wärmer, und die Sommer kühler, als den Bewohnern der andern Hälfte der Erdkugel. Zwar werde die geringere Sommerwärme bey uns zum Theil dadurch ersetzt, daß sich die Sonne jährlich ungefähr acht Tage länger bey uns, als bey den Südländern, aufhalte; aber doch zeigten die Beobachtungen, daß die südlichen Erdstriche im Sommer heißer, und im Winter kälter wären, als die ähnlichen auf des Aequators nördlicher Seite.

Das seyen die vornehmsten allgemeinen Ursachen, warum Kälte und Wärme auf den verschiedenen Erdstrichen ungleich sind. Allerley zufällige Umstände, die

von

von jedes Ortes Lage und Beſchaffenheit herrührten, trügen auch ſehr viel dazu bey. Einige hievon ſind dieſe.

An einigen Orten iſt die Luft reiner, und öfter heiterer, als anderswo. Daſelbſt äußert die Sonne den ganzen Tag über größere Wirkungen, aber die Nächte ſind kühler, und umgekehrt. Die Vorſicht hat es ſo weislich geordnet, daß in den meiſten Ländern, die unter dem Aequator und nächſt demſelben liegen, einige Monate nach einander faſt beſtändig trübes Wetter und Regen iſt, wenn die Sonne am höchſten ſteht, die ihnen ſonſt die Hitze unerträglich machen würde; dieſe Zeit nennten ſie ihren Herbſt oder Winter. Ihr Sommer, und ihre ſchönſte Jahreszeit fällt in den Sonnenſtand, da die Sonne ihnen am niedrigſten iſt.

Nachdem ein Ort hoch, oder in einer niedrigen Ebene liegt, ereignet ſich auch ein merklicher Unterſchied des Klima. Unſere Empfindung von mehr oder weniger Wärme entſteht vornehmlich von einer mehr oder weniger erwärmten Luft. Je höher nun die Luft ſteht, deſto zarter, dünner und leichter iſt ſie; ſie kann alſo nicht ſo viel Wärme annehmen und behalten, oder unſere Empfindung ſo ſtark rühren, als die niedrigere, dichtere und ſchwerere Luft; deßwegen iſt auch bey gleicher Sonnenhöhe die höhere Luft unſerer Empfindung nach gemeiniglich nicht ſo warm. Daher rührt es zum Theil, daß der Schnee auf hohen Bergen nie ſchmilzt, wozu denn auch das etwas beyträgt, daß die Berge ihn vor der Sonne beſchatten, und den größten Theil des Tages die Sonne hindern, die Thäler zu erwärmen. Die Landſchaft Quito in Peru hat ein gemäßigtes Klima, obgleich der Aequator durch ſie ſtreicht, weil das Land ſelbſt 1600 Klafter höher liegt,

liegt, als das Meer, und sich zwischen zwey Gebürgen befindet, die von Süden nach Norden mit einander parallel gehen, fast an den Himmel reichen, und mit beständigem Schnee bedeckt sind. Savoyen und die Schweiz haben einerley geographisches Klima mit Frankreichs südlichen Theilen, aber ein sehr verschiedenes physisches.

Noch eine größere Veränderung des Klima macht es, ob ein Land an der See, oder tief in dem festen Erdreiche liegt. In dem Seewasser bleibt das ganze Jahr durch fast einerley Wärme, weil die Sonne nicht weit in die Tiefe wirkt, das an der Oberfläche, welches zu manchen Jahreszeiten warm und zu andern kalt wird, vermengt sich bald durch die Bewegung der Wellen mit dem übrigen. Das Meer ist im Sommer kälter, im Winter wärmer, als die Luft, und theilt allezeit der Luft, welche über ihm steht, etwas von seiner Beschaffenheit mit, die Winde führen diese Luft über das Land, und so werden die Sommer kühler, und die Winter gelinder, als sie sonst seyn würden. Was verursacht Englands gelinde Winter sonst, als die Wärme der umliegenden See? Die größte Winterkälte in Schweden fällt gemeiniglich mit Nordwestwinde ein, aber bey eben dem Winde thauet es gemeiniglich in Norwegen. Die Ursache einer so verschiedenen Wirkung bey Ländern, die so nahe an einander grenzen, ist ohne Zweifel die, daß der Nordwestwind nach Norwegen von der See, nach Schweden aber von den Gebürgen kommt. Eben deßwegen fällt in Wardhus und um das Nordcap die größte Kälte gemeiniglich mit Südwinde ein. Daß der Südwind in Schweden mehrentheils gelinde Witterung bringt, und sein Klima nicht so rauh ist, als in andern

Läns

ländern, die eben ſo weit gegen Norden liegen, ſcheint nur von den Meeren herzurühren, die nach Oſten, Süden und Südweſten ſich befinden.

Die Länder, die weit von der See liegen, mit Bergen, Wäldern, Moräſten und jährlich zufrierenden inländiſchen Seen umgeben ſind, welche weit in den Sommer hinein Schnee, Eis und Kälte behalten, müſſen nothwendig ſtärkere Empfindung der Kälte hervorbringen. Rußland, Siberien und die große Tartarey befinden ſich in dergleichen Umſtänden, daher auch ihr Klima viel kälter iſt, als das der europäiſchen Länder, welche mit ihnen zwiſchen eben den Parallelen liegen. In Stockholm und Upſal iſt die Kälte von 1749 bis 1757 nur einen einzigen Tag, nämlich den 10ten März alten Kalend. 1751, auf 31 Grade unter dem Eispunkte nach dem ſchwediſchen Thermometer gekommen; ſonſt hat ſie ſelten 25 Grade erreicht; aber zu Petersburg, welches mit Upſal faſt einerley Polhöhe hat, ſind 30 Grad Kälte nicht ſo ungewöhnlich, und die Kälte hat in den erſten Tagen des Jahres 1749 $37\frac{1}{2}$ Grad erreicht, welche Kälte doch noch nicht mit der ſiberiſchen zu vergleichen iſt. Herr de l'Isle hat in den Abhandl. der franzöſ. Akademie der Wiſſenſch. 1749 ſichere Beobachtungen angeführt, daß die Kälte in der Stadt Tomſkoi in Siberien, welche nicht viel nördlicher liegt, als Schonen, 1735 bis 67 Grad gelangt iſt. In einem andern Orte, unter gleicher Polhöhe, Kirenga, gieng die Kälte 1732 und 1738 bis 81 Grad. Ja in der Stadt Jeniſeiſk, welche einen Grad ſüdlicher, als Stockholm, liegt, ſoll die Kälte den 16ten Jan. 1735 bis $87\frac{1}{2}$ Grad unter dem Eispunkte nach dem ſchwed. Thermometer gekommen ſeyn. Eine unerhörte und

faſt

fast unglaubliche Kälte, so daß es unbegreiflich scheint, wie Menschen und Thiere sie aushalten können! In Torne, fast unter dem Polarkreise, ist die Kälte, so viel man beobachtet hat, nicht weiter, als 46 Grad, gekommen. Die größte Kälte, die man seit 60 Jahren in Paris beobachtet hat, betrug 1709 kaum 20 Grad; aber in Astracan, einer Russischen Stadt, die noch etwas südlicher liegt, als Paris, ist die Kälte 1746 30½ Grad gefunden worden; und 1743 in der Hauptstadt von Canada, Quebec, 41 Grad, obgleich diese Stadt fast 2 Grade, oder 20 schwedische Meilen näher beym Aequator liegt, als Paris. Ein solcher großer Unterschied der Kälte in einerley geographischem Klima muß von vorerwähnten und mehr dergleichen Umständen herrühren, zu welchen man noch einen, nämlich die verschiedene Beschaffenheit des Erdreichs, setzen kann, weil die Erfahrung uns lehrt, daß nicht alle Materien gleich viel Wärme annehmen, und die angenommene Wärme gleich lange behalten.

Auch scheint es nicht ungereimt, daß sich einerley Klima in Absicht auf die Wärme und Kälte ändern könne. Da Schweden mehr mit Waldungen überwachsen, und mit Sümpfen und Morästen angefüllt war, als jetzt, ist vielleicht das Klima rauher gewesen, und möchte wohl noch mit der Zeit gelinder werden, wenn das Land mehr angebauet wird.

Dies überzeuge uns, sagt Wargertin, daß man die Beschaffenheit des Klima's nicht lediglich aus der Lage des Landes nach Norden und Süden beurtheilen dürfe; auch daß bey einer solchen Frage so viele Ursachen und Umstände zusammenkommen, daß sie sich nicht wohl aus bloßen theoretischen Gründen auf-

löſen laſſe, ſondern daß nur Erfahrungen und Beobachtungen den eigentlichen Unterſchied zwiſchen dem Klima dieſes oder jenes Landes, in Abſicht auf die Wärme und Kälte, zeigen müſſen. Beobachtungen, aus welchen man etwas Zuverläſſiges ſchließen ſoll, müßten mit richtigen Thermometern angeſtellt werden, und es iſt nicht genug, daß ſie nur dann und wann, oder ein und das andere Jahr vorgenommen werden, ſondern man muß den Stand des Thermometers täglich zu gewiſſen Stunden aufzeichnen, und damit viele Jahre nach einander mit dem größten Fleiße aufs genaueſte fortfahren. Denn Kälte und Wärme ſind in einerley Lande nicht alle Jahre einerley, ſondern aus mehreren Urſachen etwas veränderlich. Aber ein arithmetiſches Mittel zeigt die mittlere Wärme der Luft für jede Jahreszeit. Das Klima verſchiedener Oerter läßt ſich zuverläſſig vergleichen, wenn man eine Sammlung täglicher Beobachtungen von mehreren Jahren hat, wo der Thermometerſtand in freyer Luft an jedem Orte angegeben iſt.

Aus einem oder dem andern ſehr warmen oder ſehr kalten Tage im Jahre läßt ſich auf die Wärme oder Kälte des Klima's nicht ſchließen; denn in einem ſonſt kalten Sommer fällt oft ein und der andere heiße Tag ein, und umgekehrt. Das rechte Verhältniß bemerkt man am beſten, wenn man das Mittel aus der Wärme und Kälte einiger Jahre nimmt.

Aus allen dieſen Bemerkungen ſchließt daher Wargertin ganz richtig, daß man das geographiſche Klima, welches blos von der Breite des Ortes abhängt, von dem phyſiſchen gar wohl unterſcheiden müſſe.

Uebri-

Uebrigens hat Wargertin aus 19jährigen zu Upsal gemachten Beobachtungen und 6jährigen von Reaumür zu Paris angestellten eine Vergleichung des Klima's von Schweden und Frankreich angestellt, und gefunden, daß der Unterschied zwischen dem Klima von Schweden und Frankreich der sey, daß der Winter in Frankreich um einen Monat kürzer, und die Kälte meistens 6 bis 8 Grad geringer ist. Dagegen ist der Sommer fast zwey Monate länger, und wenn er am heißesten ist, 2 oder 3 Grad wärmer, als in Schweden. Das geometrische Mittel der Wärme des ganzen Jahres in Schweden verhält sich zu dem ähnlichen Mittel in Frankreich, wie 5,4 : 10,7. Dieser Unterschied, sagt Wargertin, ist zwar ansehnlich, aber doch nicht so groß, als der Unterschied des Klima's von Paris und Algier; obgleich Algier nur Einen Grad weiter südwärts von Paris liegt, als Paris von Upsal.

Mayer r) schlug vor, für die mittlere Wärme der Oerter Tafeln nach einer Theorie zu verfertigen und diese wegen der Höhe der Oerter, und der jährlichen und täglichen Abwechselungen, durch Gleichungen nach Art der astronomischen Rechnung zu berichtigen. Er legt den Satz zum Grunde: daß sich die Abnahme der mittleren Wärme nach dem Quadrate des Sinus der Breite richte, welche in Rücksicht der Wärme am Tage der Nachtgleiche $\frac{1}{2}\pi c^2 = \frac{1}{2}\pi (1 - s^2)$ ist (wo c den Cosinus und s den Sinus der Breite des Ortes bedeutet), daß also die Abnahme dieser Wärme gegen die ganze unterm Aequator statt findende, wie

r) De variationibus thermometri accuratius definiendis in *Tob. Mayeri* opp. ineditis. Gotting. 1775. 4. Num. I.

wie s^2 zu 1 iſt. Seßt man nun die mittlere Wärme unterm Aequator $= 24°$ Reaumür., die unter den Polen $= 0$, ſo findet man ſie unter der Breite $s = 24 (1 - s^2)$ Grade. Daraus entſteht folgende Tabelle:

Breite	Reaum. Grade	Breite	Reaum. Grade
0°	24	50°	10
5	23¾	55	8
10	23¼	60	6
15	21½	65	4¼
20	21¼	70	2¾
25	19¾	75	1½
30	18	80	¾
35	16	85	¼
40	14	90	0
45	12		

Von den Angaben dieſer Tafel ſoll nun noch für jede 100 Toiſen Höhe über der Meeresfläche 1 Grad abgezogen werden, weil die beſtändige Schneegrenze unter dem Aequator 2400 Toiſen hoch liegt, alſo in dieſer Höhe die Wärme um 24 Grad vermindert wird. So kömmt für Göttingen, deſſen Höhe über dem Meere 70 Toiſen beträgt, nach einem Abzuge von ¾ Grad, die mittlere Wärme 9 Grade. Für die jährlichen Abwechſelungen nimmt Mayer an, daß das Maximum und Minimum der Wärme bey uns falle, wenn die Sonne 30° über das Solſtitium hinaus ſey, unter dem Aequator aber ins Solſtitium ſelbſt, und die größte jährliche Veränderung betrage unter dem Aequator 0, in unſern Gegenden 10°, unter den Polen 13°. Nach dieſen Vorausſetzungen ließen ſich Tafeln für jeden Grad der mittleren Wärme verfertigen. Folgende für 8 Grad kann als Beyſpiel dienen:

Mona-

Monate	Tage		
	I	II	21
Jan.	$-1\frac{1}{2}$	-2	-2
Febr.	-2	$-1\frac{1}{2}$	$-0\frac{1}{2}$
März	$+0\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	3
Aprill	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{4}$	8
May	$9\frac{3}{4}$	$11\frac{1}{2}$	13
Juny	$14\frac{1}{2}$	$15\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$

Monate	Tage		
	I	II	21
July	$17\frac{1}{2}$	18	18
Aug.	18	$17\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$
Sept.	$15\frac{1}{2}$	$14\frac{1}{2}$	13
Octob.	$11\frac{1}{2}$	$9\frac{3}{4}$	8
Nov.	$6\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	3
Dec.	$1\frac{1}{2}$	$+0\frac{1}{2}$	$-0\frac{1}{2}$

Der Herr von Mairan hat über diesen Gegenstand neuere Untersuchungen angestellt s), wobey er vorzüglich die von Bouguer gemachten Bestimmungen über die Stärke der Wirkung des Sonnenlichts benutzt, und auf die nöthigen Reduktionen wegen der Strahlenbrechung Rücksicht genommen hat. Diesem zu Folge setzt er folgende Angaben fest:

1. Sonnenhöhe in den Solstitialpunkten nach gemachter Reduction

im Sommer $64^\circ\ 38'\ 37''$
im Winter $17^\circ\ 41'\ 30''$.

2. Stärke des Lichts der Sonne

im Sommer $7944\frac{94}{100}$
im Winter $5094\frac{38}{100}$

3. Die Kraft des Lichts verhält sich umgekehrt, wie die Entfernung von der Sonne

im Sommer $9833\frac{1}{2}$
im Winter $10166\frac{1}{2}$

4. Die

s) Nouvelles recherches sur la cause générale du chaud en été et du froid en hyver in den Mémoir. de l'Acad. de Paris. an. 1765.

4. Die halbtägigen Bogen ſind im Sommer 483′, und im Winter 245′, hievon muß man die Quadrate nehmen.

Hierauf nimmt Mairan die Logarithmen aller dieſer Zahlen, und findet

1. die Höhe H
im Sommer 9,9560057 im Winter 9,4839354

2. die Stärke des Lichts I
im Sommer 3,9000905 im Winter 3,7070913

3. die Dichtigkeit D^2
im Sommer 7,9854162 im Winter 8,0143428

4. Den Bogen R^2
im Sommer 5,3678942 im Winter 4,7783322

Summe 27,2094066 Summe 25,9837017

Zieht man die kleinere Summe von der größern ab, ſo bleibt 1,2257049, welche Zahl der Logarithme von $16\frac{82}{100}$ iſt.

Dies wird das Verhältniß des Sonnenſommers E zum Sonnenwinter H bey der Breite von Paris ſeyn, und man wird alſo $E : H = 16\frac{82}{100} : 1$ haben. Die Sonnenwärme wird folglich in Paris für einen beſtimmten Augenblick (z. B. für den Mittag der Winter- und der Sommerſonnenwende) im Sommer 16 mahl größer, als im Winter ſeyn. Mairan vermehrt, um dieſe Wärme in trigonometriſchen Theilen zu haben, den Logarithmen der Formel $E : H = 16\frac{82}{100} : 1$ mit der Zahl 23, und findet in trigonometriſchen Theilen $16\frac{82}{100} = \frac{1696\frac{11}{100}}{963\frac{17}{100}}$, deſſen Differenz 15232 iſt, d. h. die Differenz des Sonnenſommers zum Winterſommer iſt in Paris von 15232 trigo-

trigonometrischen Theilen. Er untersucht ferner, welche wirkliche Verschiedenheit zwischen dem wahren Sommer und dem wahren Winter statt finde. Deßhalb verglich Mairan alle von 1701 bis 1756 für Paris gemachte thermometrische Beobachtungen, und fand, daß die größte mittlere Wärme von 1026 Graden und die größte mittlere Kälte von 994 Graden war (er nahm 1000 als den Gefrierpunkt an). Hieraus ergiebt sich, daß 32 trigonometrische Theile die Differenz zwischen dem wirklichen Sommer und dem wirklichen Winter ausmachen, welche sich zu einander verhalten, wie 32 : 21.

Noch hat Mairan Untersuchungen darüber angestellt, den Grad der größten mittleren Wärme in allen Klimaten im Sommer zu finden, und er hat ihn zu 1026 bestimmt. Dies Resultat, sagt er, können die vier Umstände von der Wirkung des Sonnenlichts (Th. II. S. 601 u. f.) nicht geben, und man muß daher schließen, daß es noch eine Ursache giebt, die keine andere, als die Wärme im Innern des Erdkörpers seyn kann.

In Paris ist die Sonnenwärme im Sommer = 32,02, und im Winter = 1,02, die Ausflüsse des Centralfeuers müssen daher 99,198 betragen. Diese Ausflüsse würden sich daher zur Sonnenwärme verhalten im Sommer wie 29,16 : 1, im Winter wie 491 : 1; der wahre Winter und der wahre Sommer werden unter einander im Verhältnisse wie 31 : 32, und der Sonnenwinter und der Sonnensommer wie 1 : $16\frac{80}{200}$ stehen, sie sind folglich um mehr als 15 Ganze von einander unterschieden.

Hiernach hat der Herr von Mairan Tafeln für die Wärme des längſten und kürzeſten Tages unter verſchiedenen Breiten berechnet, welche man auch beym Bergmann t) findet.

Meynungen über die Entſtehung und Bildung der Erde.

Bourguet u) glaubte, daß die Lage und Geſtalt der Berge eine ſehr große Aehnlichkeit mit den Feſtungswerken hätten, bey welchen beſtändig einwärtsgehende und hervorſpringende Winkel mit parallelen Schenkeln einander gegenüberſtehen. Auch meinte er, wie viele andere Naturforſcher, daß man in allen Bergen Schichten und Conchylien finde. Die Entſtehung der Berge erklärt er alſo aus den Strömen des ehemaligen Meeres, eben ſo wie bey den Biegungen der Flüſſe Winkel mit parallelen Schenkeln gegenüber ſtehen. Man hat aber dieſer Hypotheſe entgegengeſetzt, daß dieß mehr Wirkung eines reiſſenden Stromes, der ſich Wege durchbreche, als die eines weit ausgebreiteten und Niederſchläge abſetzenden Meeres wäre, zu geſchweigen, daß dieſe Anordnung nur bey einer ſehr geringen Anzahl von Bergen ſtatt finde, und daß dieſe Berge ſchon vorhanden ſeyn mußten, ehe ſich die Fluth den Weg durch dieſelben öffnete. Dieſe Anordnung zeige ſich vielmehr blos an den Seiten der Thäler, welche die großen Bergketten der Queere nach durchſchneiden.

Nach der Meynung des Abbé Plüche x) ſind bey Entſtehung der Erde die Ebenen des Aequators und

t) Phyſikaliſche Beſchreibung der Erdkugel B. II. §. 140. 141.

u) Lettres philoſophiques ſur la formation des ſels et de criſtaux. à Amſt. 1729. 12.

x) Spectacle de la nature. à la Haye 1738. 8. T. III. P. 2.

und der Ekliptik zusammengefallen. Hieraus sey ein beständiger Frühling erfolgt; auch habe das Meer zum Theil in unterirdischen Hölen versteckt gelegen. Der Schöpfer habe aber die Axe gegen die nördlichen Gestirne plötzlich hingelenkt, und dadurch sey die Sonnenhitze ganz auf die eine Halbkugel gefallen; diese habe alsdenn gewaltsame Ausdehnungen der Luft verursacht, wodurch Sturmwinde entstanden und in die unterirdischen Hölen eingedrungen wären; zugleich sey aber auch das Wasser aus der Atmosphäre in stürmischen Regengüssen herabgefallen. Hiervon sey die Wirkung gewesen, daß die Erde in Stücken zerrissen sey, welche in die Tiefe versunken wären und dadurch das unterirdische Wasser in die Höhe getrieben hätten, und eben daher sey die Sündfluth entstanden. Nachher soll das Wasser, theils durch Ausdünstung, theils durch Ablauf in unterirdische Hölen, die Erde aufs Trockene gebracht, und für Thiere und Menschen wieder wohnbar gemacht haben. Uebrigens meint er, daß man noch die Erdschichten, als Ueberbleibsel des alten Baues, und hie und da Spuren der Veränderungen, welche der Einsturz und das Wasser bewirkt haben, antreffe.

Johann Gottlob Krüger [y]) ist der Meynung, daß die Gestalt, welche unsere Erde jetzt besitzt, durch dreyfache Veränderungen erfolgt sey. Zuerst war sie überall mit Wasser umgeben, in welchem die Schaalthiere lebten, und dadurch erhielt sie zugleich die sphäroidische Gestalt; nachher wurde sie entzündet, wodurch die Conchylien gekocht, und in verschiedene geschmolzene Materien gleichsam eingegraben wur-

y) Geschichte der Erde in den ältesten Zeiten. Halle 1746. 8.

wurden. Zuletzt endlich wurden die Berge, Thäler, Ebenen, Hügel u. d. g. durch die Wirkungen der Erdbeben hervorgebracht.

Anton Lazaro Moro [z]) leitet die Entstehung der Erde aus der Wirkung des unterirdischen Feuers her. Hierzu gaben ihm vorzüglich die Entstehung einer neuen Insel im Archipelagus am Meerbusen der Insel Santorin im Jahre 1707 und des Montenuovo bey Neapel im Jahre 1538 Veranlassung. Er stellt sich vor, daß bey der Schöpfung in der Mitte der Erde das Centralfeuer von einer dicken Erdrinde, auf welcher sich 175 Toisen hoch Wasser befunden hätte, eingeschlossen gewesen wäre. Am dritten Tage ließ der Schöpfer das Feuer wirken, welches die Rinde hob, und so die ursprünglichen Berge bildete. Auch habe das Centralfeuer diese dicke Rinde hier und da durchbrochen, vulkanische Materie um sich geworfen, Schichten davon im Meere gebildet, und demselben den salzigen Geschmack gegeben, so daß es nunmehr Pflanzen und Seethiere erhalten konnte. Inzwischen erhob das Feuer auch den Meergrund, und bildete dadurch Berge, welche Schichten, aber keine Seeprodukte enthalten. Durch die ausgeworfenen vulkanischen Materien sey das Land fruchtbar geworden, so daß es nunmehr Menschen und Thiere bewohnen konnten. Nach dieser Zeit habe auch das Centralfeuer Berge mit Seeprodukten angefüllt in die Höhe gebracht, und nach und nach die Erdschichten in den Thälern, Ebenen u. s. f. bewirkt. Auch hätten nachher die Vulkane durch ihre Wirkungen

gen

z) De' crostacei et degli altri marini corpi, che si trovano su monti, Libri due, in Venezia 1740. 4. Neue Untersuchungen der Veränderung des Erdbodens von A. L. Moro a. d. Ital. Leipz. 1751. 8.

gen verschiedene lokale Veränderungen veranlaßt, z. B. Berge da erhoben, wo keine waren, andere versenkt u. s. f., wodurch Thiere veränderte Wohnplätze erhalten hätten, und eben daher erkläre es sich, warum in den Nordländern so viele Elephantenknochen aus der Erde herausgegraben werden, und an so vielen Oertern versteinerte Ammonshörner sich finden, deren lebendige Originale nicht mehr angetroffen werden.

De Maillet [a]) glaubt, daß die Erde anfänglich eine Sonne gewesen, und ausgebrannt sey; sie habe sonst die Stelle der jetzigen Sonne eingenommen, sey aber auf einmahl in eine sehr große Entfernung von derselben fortgeworfen worden, wobey sie zugleich mit Wasser von den Planeten überströmt sey. Dieß Wasser dunste nun täglich immer mehr aus, und nehme so lange ab, bis zuletzt die Erde, die dem Mittelpunkte näher komme, ganz vertrocknet, und dann wieder zur brennenden Sonne werden wird. Von dem ehemaligen Brande haben die Mineralien und Metalle ihren Ursprung. Das Meer senkt sich jetzt in 1000 Jahren um drey Fuß. Aus dem Wasser selbst sollen alle Pflanzen, ja selbst die Thiere und Menschen hervorgegangen seyn, welche anfänglich Bewohner des Meeres waren. Die Berge auf der Erdfläche sind allein von den Bodensätzen des alten weit höhern Meeres und ihre Unebenheiten von den Meerströmen entstanden. Die Schöpfungstage macht er zu langen Zeiträumen, und legt dem Menschengeschlecht ein Alter von wenigstens 500000 Jahren bey. Kaum ist es zu begreifen, wie weit die Vorliebe zu einer Hypothese

a) *Telliamed*, ou entretiens d'un Philosophe Indien avec un Missionaire François sur la diminution de la mer. nouv. edit. à la Haye 1755. Tom. II. 12.

potheſe dieſen Schriftſteller verführt hat, welche ſich doch nur auf einige lokale Beobachtungen an den Küſten des mittelländiſchen Meeres gründet. Zur Beſtätigung des Theils, welcher die Thiere und Menſchen betrifft, trägt er die lächerlichſten Fabeln vor. Uebrigens hat er ſich bemüht, aus ſehr guten auf Beobachtungen ſich ſtützenden Gründen zu beweiſen, daß unſer feſtes Land ehedem Meeresgrund geweſen ſey.

Le Cat [b]) trug ein Syſtem vor, welches die Entſtehung der Berge auf dem ſonſt ebenen Meergrunde der Wirkung des Mondes, oder der Ebbe und Fluth, zuſchreibt. Dieſe, ſagt er, häufte den Schlamm in ungeheuern Maſſen auf; dadurch mußten an andern Stellen Vertiefungen entſtehen, in welche ſich das Waſſer ſenkte, und einen Theil der erhobenen Erde auf dem Trockenen zurückließ. Dieſe Wirkungen dauern noch immer, wiewohl langſam, fort, und endlich wird das Meer die ganze Erdkugel aushöhlen.

Der Graf Büffon [c]) war der erſte, welcher den Umſtand benutzte, daß ſich alle Planeten um die Sonne und um ihre Axen nach einerley Seite zu bewegen, und daß ihre Bahnen nur kleine Winkel, höchſtens von $7\frac{1}{2}^{\circ}$, mit einander machen. Dieß leitete ihn auf die Vermuthung, daß ihre anfängliche Bewegung aus einer gemeinſchaftlichen Urſache entſtanden ſey. Er ſtellt ſich vor, es ſey einmahl ein Komet ſchief gegen die Sonne gefallen, habe von ihr den 650ſten Theil abgeſtoßen, und den abgeſtoßenen Stükken die Umdrehung um ihre Axe nach eben der geſtoßenen

b) Magazin françois. Juillet. 1750.

c) Hiſtoire naturelle générale et particulière Tom. I. théorie de la terre, ingl. mit beträchtlichen Abänderungen ſupplément. Tom. IX. et X. Paris 1778. 8.

ßenen Richtung mitgetheilt. Diese Stücke hätten nun vermöge der Schwere sich central zu bewegen angefangen, und wegen der Umdrehung um ihre Axe die abgeplattete Gestalt erhalten, woraus die Planeten und ihre Trabanten entstanden sind. Das eine Stück, welches unsere Erde gewesen sey, habe sich anfänglich im glühenden und geschmolzenen Zustande befunden, sey aber nach und nach erkaltet und hart geworden. Büffon berechnet, daß das Glühen der Erde 3000, und die Hitze, wobey man die Erde noch nicht hätte berühren können, 34000 Jahre gewährt habe. Beym Erkalten der glühenden Erde sollen sich die ursprünglichen Bergketten und Höhlungen gebildet haben, so wie ohngefähr bey glühenden verglaseten Materien nach dem Erkalten Blasen und äußere Erhöhungen entstehen, wobey zugleich in den Höhlen die Metalle als Sublimat sich angelegt hätten. Da nun die Erde in einem Zeitraum von ungefähr 25000 Jahren so heiß gewesen sey, daß die Hitze das Wasser in einen beständigen dampfförmigen Zustande habe erhalten können, so habe sich das ganze Meer als Dampf in der Atmosphäre befunden. Erst nach dieser Zeit sey es nach und nach in tropfbarer Gestalt auf die Erde herabgefallen, und habe die Erdfläche auf 2000 Toisen hoch bedeckt, so daß nur die Gipfel der höchsten Berge noch hervorgeragt hätten. In diesem noch nicht ganz erkalteten Meere sollen sich nun Schaalthiere in ungeheurer Menge erzeugt haben, und selbst andere Thiere entstanden seyn, die jetzt nicht mehr anzutreffen wären. Vermöge des starken Drucks des Wassers habe es endlich die Erdrinde durchbrochen, und in die unterirdischen Höhlen sich ergossen. Hierdurch entstand nun trockenes Land, welches von Menschen angebauet zu werden angefangen wurde, die nach der damaligen Stärke

der

der Natur eine kolossalische Gestalt hatten. Die Erde erkaltete zuerst gegen die Pole zu, und daher fing auch da die Bevölkerung zuerst an, endlich verlief sich auch das Gewässer unter dem Aequator. Binnen dieser Zeit, welche Büffon auf 20000 Jahr setzt, wurden die Trümmer der Schaalthiere unter dem Wasser in kalkartige Materie verwandelt, und Berge von der zweyten Art gebildet, welche mit Schichten von Seeprodukten angefüllt wurden. Durch die Elektricität, welche aus der innern Wärme der Erde herrührte, entstanden Erdbeben und Vulkane, welche neue Inseln erhoben, die Erde mit Lava bedeckten, und den Boden fruchtbar machten. Die Elephanten und andere Thiere hätten damals in den Nordländern gelebt, bis die zunehmende Erkältung sie gezwungen hätte, sich in die heiße Zone zu begeben. Daher komme es, daß man in Siberien, Nordamerika und andern Polarländern so vieles ausgegrabenes Elfenbein finde. Endlich erhielt die Erde die gegenwärtige Gestalt vorzüglich noch durch verschiedene partielle Ueberschwemmungen, durch die Wirkung des Regenwassers, und durch die immer fortgehende Bewegung des Meeres von Osten gegen Westen. Nach Büffon's Meynung nehme die Erkältung der Erde immer mehr zu, und nach 930000 Jahren werde die Kälte so groß geworden seyn, daß kein lebendiges Thier sein Leben mehr fortsetzen könne und überhaupt die ganze Natur absterbe.

Diese Hypothese, welche Büffon mit einer ihm eigenen hinreissenden Beredsamkeit vorgetragen hat, kann bey genauerer Prüfung für weiter nichts, als für einen Traum gehalten werden. Auch ist sie wirklich von mehreren, als de Lüc, la Place u. s. hinreichend widerlegt worden.

Zwey-

Zweyter Abschnitt.

Von den Meynungen und Entdeckungen in der besondern Naturlehre.

Erstes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Lichte.

Wesen des Lichts.

Newton hatte in seinen der Optik beygefügten Fragen hinreichend zu erkennen gegeben, daß er das Licht für wirkliche Ausflüsse aus den leuchtenden Körpern halte, und diese Hypothese ist seitdem von mehreren Physikern unter dem Nahmen des Emanationssystems als die wahrscheinlichste angenommen worden. Da aber zu Newton's Zeiten die meisten Naturforscher das Wesen des Lichts aus der wellenförmigen Fortpflanzung eines ätherischen Mittels erklärten, so stellte Newton dieser Theorie noch vor der Erscheinung seiner Optik in seinen Principien [d]) einen Satz entgegen, nach welchem die wellenförmige Fortpflanzung des Lichts unmöglich zu seyn scheint. Er führt nämlich daselbst an, daß die Schläge oder Wellen eines elastischen Mittels, wenn sie durch ein Loch in einer vorliegenden Wand gehen, sich hinter derselben nach allen Seiten hin ausbreiten müßten; woraus folgen würde, daß man einen leuchtenden Körper, wenn er solche Wellen erregte, auch hinter einer uns

d) Princip. Lib. II. prop. 42.

undurchſichtigen Wand ſehen müßte, wenn man ſich auch nicht in einer geraden Linie mit dem leuchtenden Körper und dem Loch befände, ſo wie man den von außen erregten Schall in allen Winkeln eines verſchloſſenen Zimmers durch eine Oeffnung hört. So richtig aber auch dieſer Einwurf zu ſeyn ſchien, ſo konnten ſich einige Phyſiker nicht überwinden, die Theorie von der wellenförmigen Bewegung des Lichts fahren zu laſſen, vielmehr glaubten ſie, wichtigere Gründe für ihre Wahrheit aufgefunden zu haben. Einer der vorzüglichſten Vertheidiger derſelben war der berühmte Mathematiker Leonhard Euler. Dieſer beſtritt das Emanationsſyſtem, und vertheidigte die Huygensſche Hypotheſe, nach welcher das Licht in Schwingungen beſteht, die von dem leuchtenden Körper durch ein feines ätheriſches Mittel fortgepflanzt werden. Da Euler ſeiner Theorie durch eine fruchtbare Anwendung der Mathematik ſo vielen Glanz geben konnte, ſo daß ſie von den meiſten und berühmteſten Naturforſchern eine geraume Zeit hindurch vertheidigt wurde, ſo halte ich es für nöthig, ſie etwas umſtändlich zu erzählen.

Euler [e]) führt gegen das Emanationsſyſtem folgende Gründe an: Die Sonne, ſagt er, müßte durch das unaufhörliche Ausſtrömen einer Materie aus allen ihren Punkten und nach allen Seiten hin längſt erſchöpft ſeyn. Er berechnet, wenn der Verluſt der Sonne in 5000 Jahren unmerklich ſeyn ſollte, ſo müßte die Dichtigkeit der Sonnenſtrahlen an der Erde ein Trillionmahl geringer ſeyn, als die Dichtigkeit der Sonne

e) Nova theoria lucis et colorum in den Opuſculis varii argumenti. Berol. 1746. 4. p. 169-244.

Sonne selbst, welches ihm unbegreiflich dünkt. Ferner, sagt er, müßte eine solche Menge von Materie, welche den ganzen Himmelsraum einnehme, und mit einer so gewaltigen Geschwindigkeit bewegt werde, die Planeten und Kometen in ihrem Laufe um die Sonne nothwendig stören. Wenn man aber auch zugeben wollte, daß körperliche Theilchen sich mit der unermeßlichen Geschwindigkeit des Lichts bewegen könnten, wie sey es möglich, daß mehrere Strahlen, die von verschiedenen Orten herkommen, sich in ihrer Bewegung nicht stören? Wenn noch so viele Strahlen durch eine noch so kleine Oeffnung in ein dunkeles Zimmer fallen, oder in dem Brennpunkte eines Brennspiegels oder Brennglases sich kreuzen, so verändert dieß die Richtung der einzelnen Strahlen nicht im geringsten. Ueberdieß sey es nicht möglich zu gedenken, daß die Strahlen durchsichtige Körper so sehr leicht durchdringen könnten. Sie möchten, auf welche Art man wolle, durchgehen, so müßten diese Körper ihre Zwischenräumchen nach allen möglichen Richtungen in geraden Linien liegen haben, um den Strahlen freye Durchgänge zu verstatten. Ein solcher Bau der Körper, sagt er, würde ihnen alle Materie und alle Verbindung ihrer Theile benehmen, wenn sie auch Materie enthielten. Uebrigens beantwortet aber Euler Newto'ns nicht längst angeführten Satz keinesweges, sondern erinnert blos, daß damit noch nicht bewiesen sey, daß der Schall sich in dem Zimmer durch eine Oeffnung in der Wand nach allen Seiten hin ausbreite. Denn Jemand, der in den Winkeln eines Zimmers sitze, glaube nicht, daß der schallende Körper in dem Loche der Wand befindlich sey, wie er es doch glauben müßte, wenn der Schall von dem Loche her sich ausbreitete, weil man von der Lage des schallenden Körpers

auf die Richtung urtheile, nach welcher die Schläge der Luft ins Ohr kommen. Ferner, wenn man das Loch zumache, höre man den Schall faſt eben ſo gut; er dringe durch die Wände des Zimmers, welche, in Abſicht auf den Schall, eben das ſeyen, was durchſichtige Körper, in Abſicht auf das Licht, ſind. Könnte man die Wände eines Zimmers ſo ſtark machen, daß der Schall ſie zu durchdringen nicht im Stande wäre, ſo würde man den Schall ohne Zweifel auch nicht anders, als in derjenigen Richtung, nach welcher er durch eine Oeffnung ins Zimmer gekommen, vernehmen können. Euler hält es ſo gut wie unmöglich, ein ſolches Zimmer anzulegen.

Durch dieſe angeführten Schwierigkeiten, welche Euler dem Emanationsſyſteme entgegenſtellte, fand er ſich bewogen, die von Huygens vorgetragene Hypotheſe mit einigen Verbeſſerungen zu erneuern, und beſonders auf die durch Newton erweiterte Lehre von den Farben anzuwenden. Er nimmt eine höchſt feine, flüſſige und elaſtiſche Materie durch den ganzen Weltraum verbreitet an, der er mit Huygens den Nahmen Aether giebt. Dieſer Aether wird durch das Zittern der leuchtenden Körper eben ſo bewegt, wie die Luft durch die Schwingungen der ſchallenden. Dadurch entſtehen Schläge (pulſus) auf den Aether, die ſich, wie Wellen im Waſſer, nach allen Seiten verbreiten, ſo daß die Richtungen des Fortganges den leuchtenden Punkt, wie die Halbmeſſer der Kugel ihren Mittelpunkt, umgeben. Dieſer Schläge folgen mehrere auf einander mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit, und ihre Aufeinanderfolge in eben derſelben geraden Linie macht einen Lichtſtrahl aus. Einfache Lichtſtrahlen ſind, in welchen alle Pulſus mit gleichen Zwiſchen-

zei-

zeiten auf einander folgen; zusammengesetzte, deren Schläge durch ungleiche Zeiträume getrennt sind. Die einfachen sind wieder verschieden, je nachdem die Succession schneller oder langsamer ist, und dieß erregt im Auge die Empfindung der verschiedenen einfachen Farben. Die Brechung rührt daher, weil die Wellen der Schläge an der brechenden Fläche andere Geschwindigkeiten erhalten, und beym schiefen Einfall ein Theil der Welle eher an die Fläche trift, als die übrigen, wodurch die Richtung der ganzen Welle geändert wird.

Euler theilt die Körper, in Absicht auf das Licht, in vier Klassen. Zuerst die, welche durch ihr eignes Licht leuchten; zweytens diejenigen, welche das Licht zurückwerfen, das sind solche, deren Theilchen durch das Licht in keine schwingende Bewegung gesetzt werden, sondern von welchen die auffallenden Schläge des Aethers unter dem gehörigen Winkel zurückfahren; drittens die durchsichtigen, welche die Schläge des Aethers durch ihre Substanz hindurch fortpflanzen; viertens die undurchsichtigen Körper, deren Theilchen von dem auffallenden Lichte in eine schwingende Bewegung gesetzt werden, und in dem Aether hinwiederum eine solche Bewegung erregen, so wie von zwey gleich gestimmten Saiten die eine ertönt, wenn die andere bewegt wird.

Die Sichtbarkeit erleuchteter dunkler Körper leitet Euler nicht, wie Newton, von dem zurückgeworfenen Lichte, sondern aus neuen im dunkeln Körper erregten Schwingungen ab, deren Geschwindigkeit oder Farbe der Spannung seiner Theile gemäß ist. Der Mond, sagt er, wirft nicht das Sonnenlicht zurück, sonst würden wir ihn nicht selbst, sondern ein Sonnenbild in ihm sehen. Auch könnten wir gar keine Farbe

wahrnehmen, wenn die Körper das auffallende Licht zurückwürfen, weil die Zurückwerfung bloß vom Einfallswinkel abhängt, und es alſo unerklärbar wäre, warum ein rother Körper in allen Fällen bloß rothe Strahlen nicht nur zurückwirft, ſondern auch nach allen Seiten ausſendet. Alſo muß es der rothe Körper ſelbſt ſeyn, der, durch das Licht erſchüttert, dem Aether Schläge giebt, die der Spannung ſeiner Theile gemäß ſind, und die daher die Empfindung der dem Körper eigenen rothen Farbe erregen.

Eine ſehr faßliche Darſtellung dieſes Syſtems findet man in Eulers Briefen [f]), ingleichen im Hamburg. Magazin [g]). Er empfiehlt ſeine Hypotheſe auch deßwegen, weil ſie dem allgemeinen Plane der Natur gemäßer ſey. Die Natur, ſagt er, hat die Ausflüſſe nur beym Geſchmack und Geruch gebraucht, wo es auf geringe Entfernungen ankommt; beym Gehör aber hat ſie, wegen der Fortpflanzung des Schalles in größere Entfernungen, ſchon Schwingungen eines gröbern Mittels anwenden müſſen; daher iſt es glaublich, daß ſie zum Behuf des Sehens, das ſich in die unermeßlichſten Weiten erſtreckt, nicht Ausflüſſe, ſondern Schwingungen eines feinern Mittels werde gewählt haben.

Den Einwurf, welchen Euler gegen das Emanationsſyſtem aus dem Baue der durchſichtigen Körper hergenommen hat, ſuchte der P. Boscowich [h]) auf folgende Art zu heben. Dieſer ſtellte ſich nämlich, wie

f) Lettres à une princeſſe d'Allemagne. Mitau et Leipſ. 1770. 8. T. I. lett. 17-31.
g) B. VI. S. 156. u. f.
h) Philoſoph. natur. redacta ad unicam legem. Vindob. 1759. 4. p. 167. ingl. Diſſ. de lumine. Vindob. 1766. 4.

wie bereits oben S. 15 u. f. angeführt ist, die Materie überhaupt als eine Menge von physischen Punkten vor, welche mit Wirkungskreisen des Anziehens und Zurückstoßens umgeben sind. Wenn nun, sagt er, ein bewegter Körper Moment genug hat, um die zurückstoßenden Kräfte, in deren Wirkungskreis er kommt, zu überwinden, so wird er ohne Schwierigkeit durch jeden Körper dringen können, denn auf diese Art kreuzen sich bloß Kräfte, deren mehrere an einem Orte zugleich seyn können. Boscowich zeigt, wenn das Moment groß genug sey, so treibe der durchgehende Körper die Theile des andern gar nicht aus der Stelle; bey einer geringern Geschwindigkeit setze er sie in eine beträchtliche Bewegung, ohne in seinem Laufe sehr unterbrochen zu werden; und bey noch geringerer Geschwindigkeit gehe er gar nicht durch.

Priestley i) führt an, daß sein Freund Michell auf eine der Boscowich'schen ähnliche Hypothese in seinen jüngern Jahren gefallen sey, ohne einmal von der letztern gehört zu haben, und zwar bey der Gelegenheit, daß er Baxters Werk von der Unkörperlichkeit der Seele las. Er habe nämlich gefunden, daß dieser Schriftsteller folgenden Begriff von der Materie machte: daß sie gleichsam aus Ziegelsteinen bestünde, die von einem unkörperlichen Mörtel zusammen gehalten würden. Diese Ziegelsteine wären, wenn er nicht mit sich selbst uneins werden wollte, wieder aus kleinern Ziegelsteinen zusammengesetzt, die ebenfalls durch einen unkörperlichen Mörtel verbunden wären, und so fort bis ins Unendliche. Michell, der aus diesem Gesichtspunkte die Erscheinungen der Natur zu betrachten

i) Geschichte der Optik durch Klügel. S. 284. f.

ten angefangen habe, habe bald bemerkt, daß diese Ziegelsteine mit dem unkörperlichen Mörtel so bedeckt würden, daß, wenn sie auch wirklich vorhanden wären, sie so gut wie nicht da seyn müßten, weil jede Wirkung unter zehn Fällen neunmal, und das zehntemal vermuthlich auch, durch diesen unkörperlichen, geistigen und durchdringbaren Mörtel hervorgebracht würde. Anstatt also die Welt auf den Riesen, den Riesen auf die Schildkröte, und die Schildkröte auf etwas, das er weiter nicht gewußt, zu setzen, habe er die Welt auf einmal auf sich selbst gesetzt; und da er, um die Erscheinungen der Natur zu erklären, immer für nothwendig gefunden habe, neben der undurchdringbaren Materie ausgedehnte und durchdringbare immaterielle Substanzen anzunehmen, auch bemerkt habe, daß alles, was wir durchs Gefühl u. s. empfinden, diese durchdringbare immaterielle Substanz, und nicht die undurchdringbare wäre, so sey er auf den Gedanken gekommen, daß er so gut durchdringbare materielle, als durchdringbare immaterielle Substanzen annehmen könnte, insbesondtre, da wir von der Natur einer Substanz weiter nichts wüßten, als daß es etwas sey, woran Eigenschaften hafteten, welche Eigenschaften man nach Belieben vergesellschaften könne, wenn sie nur nicht mit einander stritten, d. i., eine der andern Daseyn ausschlösse. Dieses scheine aber nicht der Fall zu seyn, wenn man zwey Substanzen zu gleicher Zeit in demselben Orte seyn lasse, ohne sich einander zu verdrängen; welches nur wegen des Widerstandes, den man durchs Gefühl antreffe, unbegreiflich scheine, und im Grunde ein Vorurtheil sey; so etwa wie jenes gegen die Antipoden, welche man wegen der allgemeinen Erfahrung leugnete, daß Körper herunterwärts, wie wir es nennten, fielen.

Uebri-

Uebrigens hat auch Michell Priestley'n eine Berechnung der Kraft mitgetheilt, mit welcher leuchtende Körper das Licht aussenden, wie auch derjenigen, welche, da sie sich an der Oberfläche der Körper äußert, die Erscheinung veranlaßt, welche man gewöhnlich ihre Undurchdringbarkeit nennt. Das Resultat derselben ist folgendes. Man setze die Entfernung, in welcher die Körper auf das Licht zu wirken anfangen, $\frac{1}{100}$ Zoll. Alsdenn ist die Kraft, welche die Geschwindigkeit des Lichts erzeugt, die einerley mit derjenigen seyn muß, welche sie, wie bey der Zurückwerfung, aufzuheben im Stande ist, 19 Trillionen mal größer, als die Kraft der natürlichen Schwere. So viel mal man jene Entfernung kleiner macht, so viel mal muß man diese Kraft größer ansetzen. Diese erstaunende Kraft, mit welcher die Körper das Licht aussenden, oder welches einerley ist, der Widerstand, den es an ihrer Oberfläche antrift, zeigt, wie leicht man die Wirkung einer Kraft, die vermuthlich mit jener einerley ist, für eine absolute Undurchdringlichkeit annehmen könne.

Herr Klügel bemerkt hiebey, daß diese Rechnung auf das Licht gar nicht zu passen schiene, oder daß es sich wenigstens nicht der Mühe belohne, eine so beschwerliche Rechnung darüber anzustellen, wie Priestley's Freund sie sich gemacht habe. Die Engländer schienen aber überhaupt in mechanischen Rechnungen noch etwas unbehülflich zu seyn. Ein Schüler von Euler hätte einem Newtonianer dieses Exempel im Kopfe vorgerechnet. Wenn p : 1 das Verhältniß der beschleunigenden Kraft zur Schwere; g die Höhe des freyen Falles in einer Sekunde; f den durch die Wirkung jener Kraft beschriebenen Raum, und c die Ge-

ſchwindigkeit am Ende dieſes Raumes bedeute, ſo ſey $c^2 = 4gpf$. Für das Licht $c = 1000$ Millionen Fuß; $f = \frac{1}{1200}$ Fuß (per hypoth.), dabey ſey $g = 16$ Fuß, alles nach engliſchem Maaße. Alſo ſehe man gleich, daß p etwa 19 Trillionen betrage.

Man ſagt, das Licht müßte aus äußerſt feinen Theilchen zuſammengeſetzt ſeyn, es möchte nun in materiellen Ausflüſſen, oder in fortgepflanzten Schwingungen eines Zwiſchenmittels beſtehen. Ja man hat aus dieſer äußerſt großen Feinheit beweiſen wollen, daß das Licht nicht in materiellen Ausflüſſen beſtehen könne, weil ſich keine Materie von ſolcher Feinheit denken laſſe, daß unzählbare Ströme von ihr durch eine kleine Oeffnung, ohne ſich zu hindern, dringen könnten. Um dieſen Einwurf gegen das Emanationsſyſtem zu heben, hat man vorgegeben, daß man gar nicht nöthig habe, ſich den Fortgang des Lichts als einen ununterbrochenen Strom, ſo wie etwa Euler die ausfließenden Lichtſtrahlen mit Waſſerſtrahlen eines Springbrunnens vergleicht, zu denken, ob ſchon in der Empfindung des Sehens keine Unterbrechung wahrgenommen werde. Dieſes hat man ſogar durch Verſuche zu beſtätigen geſucht. So berechnete der Herr von Segner [k]), die Zwiſchenräume der Lichttheilchen folgender Maaßen. Aus der Beobachtung, wie langſam eine glühende Kohle im Kreiſe geſchwungen werden dürfe, daß der Kreis noch ununterbrochen helle ſcheint, folgert er, daß der Eindruck des Lichts auf das Auge etwa eine halbe Stunde dauern möge, wofür er aber doch nur 6 Tertien ſetzt. In dieſer Zeit beſchreibt das Licht fünf Halbmeſſer der Erde, mithin kann die Entfernung zweyer nach derſelben geraden Linie nie

k) Progr. de raritate luminis. Gotting. 1740. 4.

nie fortgehenden Lichttheilchen fünf solche Halbmesser groß genommen werden, und die Empfindung des Lichts bleibt ununterbrochen.

Andere Erläuterungen über die äußerste Feinheit des Lichts giebt Melville und Canton.

Ersterer bemerkt [1]), daß es allem Vermuthen nach über dem ganzen Horizonte keinen physischen Punkt gebe, der nicht nach jeden andern Punkt, wo kein undurchsichtiger im Wege ist, Licht sendet. Das Licht geht nach seinem Wege von einem Sonnensystem zum andern oft durch Ströme von Licht, welches von andern Sonnen herkommt, ohne daß es durch dieses, oder die Theilchen des elastischen Medium, womit man, einigen Erscheinungen zu Folge, den ganzen Weltraum angefüllt halten kann, aufgehalten, oder aus seinem Wege gebracht würde. Diese und andere Erscheinungen zu erklären nimmt er an, daß die Theilchen, woraus das Licht bestehe, in einer sehr großen Entfernung von einander liegen, selbst da, wo sie am dichsten bey einander sind; d. i. daß der Durchmesser zweyer nächster Theilchen in demselben Strahle, gegen ihre Entfernung von einander, unvergleichbar klein sey. Hätte Euler, sagt er, also bedacht, wie unermeßlich fein und dünne das Licht sey, so würde er das Emanationssystem nicht für unverträglich mit der Freyheit und Fortdauer der Bewegungen der Himmelskörper gehalten haben.

Diese Schwierigkeit, warum sich die Lichttheilchen nicht hindern, wird, wie er bemerkt, dadurch nicht gehoben, wenn man mit Boscowich und andern

1) Edinburgh essays. Vol. II. p. 17.

dern annimmt, daß jedes Theilchen eine überwindliche fortſtoßende Kraft beſitze, weil auf dieſe Art die Wirkungsräume ihrer Kräfte ſich noch mehr mit einander vermiſchten und ſie ſich daher noch hinderlicher fallen würden.

Auch Canton m) zeigt durch eine leichte Rechnung, wie man die Schwierigkeit in dem Emanationsſyſtem, daß die Lichttheilchen ſich ſelbſt und andere Theilchen beſtändig anſtoßen müſſen, beynahe heben könne. Man muß nur eine ganz kleine Zeit zwiſchen der Ausſendung zweyer in derſelben Richtung ſich folgender Theilchen annehmen. Sendet z. B. ein leuchtender Punkt auf der Oberfläche der Sonne hundert und funfzig Theilchen in einer Sekunde aus, welches überflüſſig genug iſt, dem Auge ununterbrochen Licht zu verſchaffen, ſo werden doch die Theilchen, wegen ihrer großen Geſchwindigkeit, mehr als tauſend Meilen von einander ſeyn, und alſo Platz genug für andere laſſen, zwiſchen ihnen durchzugehen.

Einen Beweis für die Materialität des Lichts wollten einige Phyſiker daher nehmen, daß die Lichttheilchen unverkennbare Wirkungen des Stoßes gegen die Körper zu erkennen geben. Eine ſolche Beobachtung wollte bereits Homberg wahrgenommen haben (Th. III. S. 212.). Der Herr von Mairan n) ward durch Eulers Hypotheſe, daß die Schweife der Kometen Dünſte ſind, welche durch den Anſtoß eben der Schwingungen des Aethers, welche das Licht ausmachen, von der Sonne abwärts getrieben werden, veranlaßt, dieſen Gegenſtand einer nähern Prüfung zu unterwerfen; aber ſeine deßhalb angeſtellten

m) Philoſ. Tranſact. Vol. LVIII. p. 344.
n) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1747.

ten Versuche machten ihm die Wirkung des Stoßes der Lichttheilchen zweifelhaft. Die außerordentlichen Wirkungen, welche Hartsöker und Homberg dieser Kraft zugeschrieben haben, rührten, wie er zeigt, von einem durch die Hitze der Brenngläser erregten Lichtstrome, oder von einer andern Ursache her, die sie vielleicht übersehen hätten. Die Frage sicherer zu entscheiden, fieng er mit einem Versuche an, da er den Brennpunkt eines Linsenglases von vier, und eines andern von 6 Zoll Breite auf eine 4 oder 6 Zoll lange Magnetnadel fallen ließ; allein es entstand nichts als eine zitternde Bewegung, die nichts entschied. Nachher verfertigte er mit du Fay eine Art Windmühle von Kupfer, die bey dem allerschwächsten Stoße sich bewegte; ungeachtet sie aber den Brennpunkt eines 7 oder 8 Zoll breiten Linsenglases darauf fallen ließen, so waren sie doch noch nicht im Stande, etwas daraus zu folgern. Hierauf ließ Mairan ein eisernes Rad, drey Zoll im Durchmesser groß, mit sechs Speichen machen, an deren Enden ein kleiner Flügel schief befestigt war. Die Axe des Rades, welche gleichfalls von Eisen war, ward durch Hülfe eines Magnets aufgehängt. Rad und Axe wogen zusammen nicht mehr als 30 Gran; es bewegte sich auch das Rad, wenn die vereinigten Strahlen durch das Brennglas auf die Enden der Speichen fielen, allein so unregelmäßig, daß er die Bewegung keiner andern Ursache, als der erhitzten Luft, zuschreiben konnte. Er wollte hierauf die Versuche im luftleeren Raum anstellen, bedachte aber, daß es unnöthig seyn würde. Denn außer der damit verknüpften Schwierigkeit glaubte er gewiß, daß unsere Atmosphäre noch ein dünneres Medium enthalte, welches selbst durchs Glas frey hindurchgehe, und dessen

ſen Exiſtenz er in ſeinem Traktate von dem Nordlichte erwieſen zu haben glaubte.

Dagegen führt Prieſtley °) einen Verſuch von Michell an, der wirklich den Stoß der Lichttheilchen gegen Körper beweiſen ſoll. Seine Vorrichtung nahm zwar durch den Verſuch ſelbſt Schaden, und er konnte denſelben daher nicht ſo weit treiben, als er ſich vorgenommen hatte, allein nach Prieſtley mislang er doch nicht ganz.

Das Werkzeug, das er hiezu gebrauchte, beſtand aus einer ſehr dünnen kupfernen Platte, ein wenig über einen Zoll im Quadrate, die an das eine Ende einer dünnen Clavierſaite, von ungefähr 10 Zollen in der Länge, befeſtigt war. An der Mitte der Saite war ein achatenes Hütchen, wie in einem kleinen Seecompaſſe, vermittelſt deſſen ſie ſich wie eine Magnetnadel drehte; und an dem andern Ende war ein Hagelkorn von mittlerer Größe zum Gegengewichte der Platte angebracht. Noch war an der Mitte, rechtwinklicht auf die Saite und horizontal, ein kleines Stückchen einer ſehr dünnen Nähnadel befeſtigt, das gegen einen halben Zoll lang, und magneriſch war. So mochte das ganze Gewicht etwa 10 Gran betragen. Es ward auf eine ſehr ſpitze Nadel gelegt, und drehte ſich auf derſelben ſehr leicht. Damit die Luft es nicht bewegen möchte, ward es in ein Käſtchen gethan, deſſen Deckel und Vorderſeite von Glas waren. Dieſes war etwa 12 Zoll lang, 6 Zoll tief und eben ſo viel breit, und die Nadel ſtand in der Mitte aufrecht.

Bey dem Verſuche ſelbſt ward der Kaſten ſo geſtellt, daß eine Linie, von der Sonne gezogen, ſenkrecht auf

o) Geſchichte der Optik, durch Klügel. S. 228.

auf die Länge desselben war; und das Instrument ward mit eben dieser Länge parallel, vermittelst des magnetischen Stücks von einer Nadel und eines von außen gehörig angebrachten Magnet's, gerichtet. Dieser Magnet erhielt es, aber mit einer gar kleinen Kraft, in jeder Lage. Nun ließ man die Sonnenstrahlen von einem Hohlspiegel, der etwa 2 Fuß breit war, auf die kupferne Platte, durch das Glas auf der Vorderseite des Kastens, fallen, so daß sie auf der Platte sich vereinigten. Die Folge war, daß die kupferne Platte sich langsam, etwa um einen Zoll in einer Sekunde, fortbewegte, bis sie etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll zurückgelegt hatte, da sie an das hintere Bret des Kastens anstieß. Wie der Spiegel weggenommen ward, begab sich das Instrument, vermittelst der kleinen Nadel und des Magnets, wieder in seine vorige Lage. Dieser Versuch ward einige mal, immer mit demselben Erfolge, wiederholt. Es ward auch das Instrument so gestellt, daß Rechts und Links verwechselt wurden; und auch in dieser Lage fiel der Versuch einige mal auf dieselbe Art aus. Endlich aber ward die Platte durch die starke Hitze gebogen, und kam halb über, halb unter der Saite zu liegen. In dieser Lage ward sie, gleich einem Windmühlflügel, von dem erhitzten Luftstrome, der sich in die Höhe bewegte, gegen den Stoß der Lichtstrahlen angetrieben. Weil er in seinem Hause selbst keinen Brennspiegel hatte, so setzte er den Versuch nicht weiter fort. Inzwischen, bemerkt Priestley, scheint es keinen Zweifel zu haben, daß man nicht jene Bewegung dem Stoße der Lichtstrahlen zuschreiben müsse.

Priestley berechnet hieraus, da das ganze Instrument 10 Gran wog, daß die Masse des in einer Sekunde auf das Blättchen concentrirten Lichts

nicht

nicht mehr als ein Zwölfhundertmilliontheilchen eines Grans betrage. Da die Dichtigkeit der Sonnenſtrahlen auf der Oberfläche der Sonne größer, als ihre Dichtigkeit an der Erde, im Verhältniſſe 45000: 1 iſt, ſo muß ein Quadratfuß auf der Sonne jede Sekunde ein Vierzigtauſendtheilchen eines Grans an Materie verlieren, oder ein wenig über 2 Gran in einem Tage, oder etwa 670 Pfund in 6000 Jahren. Dieſes würde, ſagt Prieſtley, den Halbmeſſer der Sonne nicht mehr als um 10 Fuß kleiner machen, wenn ſie nur die Dichtigkeit des Waſſers hätte.

Den Verſuch in einem Zimmer, durch deſſen Wände der Schall nicht durchzudringen im Stande iſt, und welchen Euler ſo gut wie unmöglich hielt, glaubt Klügel p) wirklich gemacht zu haben. Er ließ jemanden außen vor ſeinem Zimmer, der Thüre gegen über, etwa 18 Fuß von derſelben ſich ſtellen, und daſelbſt in einem Buche leſen. Er ſelbſt nahm ſeinen Platz inwendig zur Seite der Thüre, etwa 15 Fuß von derſelben. Die gerade Linie von ihm nach dem Leſenden gieng ſchief durch zwey ſehr dicke Mauern, welche eine ſteinerne Wendeltreppe einfaßten, und außerdem noch durch den Schornſtein eines Ofencamins. Wenn er bey eröffneter Thür den Leſenden noch verſtehen konnte, ſo vernahm er bey zugemachter Thür ein bloßes Murmeln, und wenn er in jenem Falle nicht mehr deutlich hörte, ſo vernahm er in dem letztern nichts, als bisweilen einen kleinen faſt unhörbaren Laut, alles ſo, wie er es ſich zum voraus vorgeſtellt hatte. Hier, bemerkt Klügel, ſey wohl ſchwerlich der Schall nach der geraden Linie in ſein Ohr gekommen,

p) Prieſtley's Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 262.

men, weil sich sonst nicht ein so großer Unterschied bey eröffneter und zugemachter Thür würde gezeigt haben. Durch eine einfache Reflexion hätte er auch nicht zu ihm gelangen können, und mehrere wären wegen des in dem Zimmer befindlichen hiezu sehr untauglichen Geräthes nicht wohl möglich gewesen. Es müsse daher durch die Ausbreitung zur Seite von der Thür her geschehen seyn. Der Schall schien ihm nicht von der Thür herzukommen; ohne Zweifel deßwegen, weil er durch öftere Erfahrungen von der Gegend des Schalles zu urtheilen gewohnt war. Allein, meint er, auch ein des Orts ganz Unerfahrner würde vielleicht den Lessenden nicht in der Thür zu seyn geglaubt haben, weil das Urtheil des Ohres weit unzuverlässiger sey, als das des Auges, und sich nach viel undeutlichern durch Gewohnheit erworbenen Regeln richte.

Brechung des Lichts, nebst Beobachtungen über die brechende Kraft verschiedener Körper.

Seit Cartesius hatten mehrere Physiker und Mathematiker versucht, eine physikalische Ursache von der Brechung des Lichts zu geben. Einigen gefiel es, das Gesetz derselben aus Endzwecken der Natur abzuleiten, andere aber suchten es auf eine mechanische Art zu erklären. In diesem Zeitraume haben sich noch Mehrere bemüht, dieß Gesetz physisch zu erklären.

Der Herr von Maupertuis[q]) gründete seinen Beweis auf seinen Satz der kleinsten Wirkung. Die Natur wählt nämlich nach seiner Meynung überall den Weg, bey welchem die Wirkung (das Produkt aus der Masse in den Raum und die Geschwindigkeit) ein Kleinstes ist. Da beym Lichte die Masse nicht in Betrach-

q) Mém. de Paris 1743. ingl. Mém. de Prusse 1746.

Betrachtung kommt, so muß beym Uebergange (fig. 48.) aus f in k, die Summe der Produkte aus fc in die Geschwindigkeit durch fc, und aus ck in die Geschwindigkeit durch ck ein Kleinstes seyn. Hieraus folgt, daß sich die Sinus des Einfalls- und Brechungswinkels umgekehrt, wie die Geschwindigkeiten des Lichts in beyden Mitteln verhalten müssen. Auch hiebey ist, wie bey Cartesius und Leibniz, die Geschwindigkeit im dichtern Mittel größer.

Auch versuchte es der Herr von Mairan[r]) vermittelst einer feinen flüssigen Materie, welche die Zwischenräumchen aller Körper ausfüllen, und sich, wie eine Atmosphäre, ein wenig über ihre Oberflächen hinaus erstrecken sollte; und nimmt nun an, die Brechung des Lichts sey nichts als eine nothwendige Folge davon, daß ein kleiner Körper in solchen Umständen auffällt. Das brechende Fluidum soll im Wasser in größerer Menge als in Luft, aber in kleinerer Menge als im Glase, und überhaupt in einem dichtern Mittel häufiger, als in einem dünnern, enthalten seyn.

Euler[s]) hat in seine sinnreiche Theorie des Lichts Huygens Beweis wieder aufgenommen. Da er aber nicht, wie Huygens, seine Schwingungen aus einzelnen neben einander liegenden Wirbeln zusammensetzt, so erhellt bey ihm nicht so deutlich, aus welchem Grunde die Pulsus ihre vorige Linie aus einer brechenden Materie in die andere ändern sollen.

Nach Newton's Darstellung (Th. III. S. 125. f.) wird der ankommende Lichtstrahl schon in einer

r) Mémoir. de Paris. an. 1738.

s) Nova theoria lucis et colorum in Opuf. var. arg. Berol. 1746. 4.

ner kleinen Entfernung von der brechenden Materie angezogen, und beschreibt eine kleine Curve. Für diese Curve hat Clairaut t) einen allgemeinen Ausdruck gesucht, der alle Fälle begreift, wo sich die Anziehung wie irgend eine Potenz der Entfernung verhält. Er findet aus demselben das Verhältniß der Sinus des Neigungswinkels des ersten und letzten Elements der Curven, und es zeigt sich, daß dieses Verhältniß nicht von der Größe des Einfallswinkels abhange, sondern bloß auf die Geschwindigkeit des einfallenden Strahls, auf das Gesetz der Anziehung, und auf die Dichtigkeit der Mittel ankomme. Daher ist es entschieden, daß im System der Anziehung, ihr Gesetz sey auch welches es wolle, das Brechungsverhältniß des Lichts bey einerley Mitteln immer dasselbe bleibt.

D. Smith u) bemerkt, daß alle andere Theorien, außer der Newton'schen, annehmen, das Licht stoße auf die Körper, und leide von ihnen Widerstand, welches aber durch keine einzige Erfahrung bewiesen sey. Das Gegentheil erhelle vielmehr aus Newton's Sätzen, und ließe sich auch aus Molineux und Bradley's Beobachtungen über die Parallaxe der Fixsterne zeigen, da ihre Strahlen weder von der schnellen Bewegung des Dunstkreises der Erde, noch von dem Objektivglase, wodurch sie gehen, einigen Anstoß leiden. Ja aus Newton's Theorie von der Refraction, die sich bloß auf Erfahrung gründe, erhelle, daß das Licht bey der Brechung in ein dichteres Mittel so wenig Widerstand und Aufhaltung finde, daß es vielmehr darin geschwinder, als im leeren Raume, gehe.

Ueber

t) Mémoir. de Paris. an. 1738.
u) Optik. Remarks. p. 70.

Ueber die brechende Kraft verſchiedener durchſichtiger Materien hat in dieſem Zeitraum vorzüglich der jüngere Euler Beobachtungen gemacht. Als der ältere Euler ein aus zwey Meniſken zuſammengeſetztes Glas einmal mit Waſſer, das anderemal mit Weingeiſt gefüllt hatte, fand er in dem erſten Falle die Brennweite 8 Fuß, in dem zweyten aber nur 5 Fuß groß, ungeachtet die brechende Kraft dieſer Flüſſigkeiten nur in dem Verhältniſſe wie 73:75 von einander verſchieden iſt. Er hielt dieſe Art für die beſte und ſicherſte, die brechende Kraft aller durchſichtigen Flüſſigkeiten zu beſtimmen.

Der jüngere Euler brachte ſeines Vaters Entwurf in Ausführung x), indem er mit verſchiedenen Flüſſigkeiten Verſuche anſtellte, und vorher ſowohl die Richtigkeit der Methode erwieſen, als auch gezeigt hatte, was wegen der Brechung durch's Glas der Meniske abzurechnen ſey. Seine Beſchreibung, die er von ſeinem Verfahren bey dieſen Verſuchen giebt, zeigt, daß dieſe Methode außerordentlich leicht iſt. Es war nichts weiter nöthig, als ſeine zwey Gläſer, nachdem er ſie in den zu unterſuchenden Flüſſigkeiten gelegt hatte, an einander zu bringen, worauf ſie wegen des glatt geſchliffenen Randes ſogleich feſt an einander hiengen, ſo daß nichts herauslaufen, und man ſie wie ein einzelnes Objektivglas behandeln konnte. Alsdenn wurden ſie in eine lange Röhre geſteckt, welche ſich nach Belieben länger und kürzer machen ließ, und in welche noch ein Augenglas kam. Auf ſolche Art brauchte er nur die Länge des Fernrohres genau zu meſſen, wenn er dadurch einen ſehr weit entfernten Thurm deutlich ſehen konnte. War die Brennweis

x) Mémoir. de l'Acad. de Berlin 1762. p. 302.

weite kleiner als Ein Fuß, so beobachtete er bloß, in welcher Entfernung von der Wand das Bild des gegen über liegenden Fensters am deutlichsten sich abmahlte.

Aus seinen Beobachtungen entwarf er folgende Tabellen:

Erstes Paar von Menisken.

Verhältniß der Brechung aus Luft in	ist wie
Destillirtes Wasser	1,3358 : 1
Regenwasser	1,3358 : 1
Brunnenwasser	1,3366 : 1
Franzwein	1,3453 : 1
Franzbranntwein	1,3603 : 1
dito von einer stärkern Art	1,3646 : 1
Rectificirten Weingeist	1,3685 : 1
Höchst rectificirten Weingeist	1,3706 : 1
Weißes aus einem Ey	1,3685 : 1
Destillirten Weinessig	1,3442 : 1
Eine Auflösung arabischen Gummi's	1,3467 : 1
Eine Auflösung von 2 Skrup. weißen Zuckers in einer Unze Wasser	1,3457 : 1
Eine Auflösung von 2 Skr. Kochsalz in dito	1,3477 : 1
Eine Auflösung von 2 Skr. Urinsalz in dito	1,3400 : 1
Provenceröl	1,4651 : 1
Terpentinöl	1,4822 : 1

Zweytes Paar von Menisken.

Verhältniß der Brechung aus Luft in	ist wie
Destillirtes Wasser	1,3358 : 1
Regenwasser	1,3358 : 1
Brunnenwasser	1,3362 : 1
Franzwein	1,3458 : 1
Franzbranntwein	1,3600 : 1

Franzbranntwein von einer ſtärkern Art -	1,3618 : 1
Rectificirten Weingeiſt -	1,3683 : 1
Höchſt rectificirten Weingeiſt - -	1,3705 : 1
Thee - - -	1,3376 : 1
Eine mit mineraliſch. Alkali geſätt. Solution	1,3600 : 1
Saurer Salpetergeiſt - - -	1,4025 : 1
Eine Auflöſ. von 2 Skr. Glaub. Salz in 1 Unze Waſſer - -	1,3430 : 1
Eine Auflöſ. von 2 Skr. Sylviſches Digeſtivſalz in dito - - -	1,3454 : 1
Eine Auflöſung von 2 Skr. Salmiak in dito	1,3488 : 1
Eine Auflöſung von 1 Skr. Eiſenvitriol in dito - - -	1,3395 : 1
Zerfloſſenes Weinſteinſalz - -	1,3917 : 1
Provenceröl - - -	1,4648 : 1
Terpentinöl - - -	1,4822 : 1

Die brechende Kraft einiger andern Flüſſigkeiten, welche er durch das zweyte Paar von Menisken den 18. Aug. 1761 unterſuchte, da Reaumürs Thermometer auf 31 Grad über dem Gefrierpunkte ſtand, verhielt ſich alſo:

Verhältniß der Brechung aus Luft in	iſt wie
Brunnenwaſſer - - -	1,3351 : 1
Vier verſchiedene Salpeterauflöſungen 12 Gran ganz gereinig. Salpeter in 1 Unze Waſſer - - -	1,3380 : 1
24 Gran - - - -	1,3398 : 1
48 Gran - - - -	1,3450 : 1
2 Drachmen - - - -	1,3450, 1
Vier verſchiedene Infuſionen	
Von Peterſilie - - -	1,3351 : 1
Von Nußſchaalen - - -	1,3355 : 1

Von

Von Safran - - - -	1,3359:1
Von Pfirschblättern - - -	1,3363:1
Selteser Wasser - - -	1,3353:1
Eger Wasser - - - -	1,3358:1
Liquor anodynus - - -	1,3650:1
Kampherspiritus - - -	1,3757:1
Spiritus von Sächsischer Seife -	1,4088:1

Euler bemerkt, daß Hawksbee's Beobachtungen nicht genau sind. Die brechende Kraft des Weingeistes setze er weit größer an, als sie Newton angebe, welcher sich doch der stärksten Art bedient habe. Auch die brechende Kraft des Weißen aus einem Ey gebe er geringer, als die des Franzbranntweins an, da sie doch, wie er durch wiederholte Versuche gefunden, so groß, als beym rectificirten Weingeiste sey. Ferner sey nach Hawksbee die brechende Kraft des destillirten Weinessigs so groß, wie die des Weingeistes, da er durch seine Versuche sie viel geringer, und nur so groß, wie die brechende Kraft des Franzweins gefunden habe.

Uebrigens fügt Euler noch folgende merkwürdige Bemerkungen bey: Es sey keine Flüssigkeit, und vielleicht gar kein durchsichtiger Körper überhaupt zu finden, dessen brechende Kraft geringer, als die des Regenwassers oder des destillirten Wassers wäre. Merkwürdig sey es, daß zwischen Luft und Regenwasser kein Körper in Absicht auf die Brechung falle.

Nach dem Regenwasser folge gleich das Brunnenwasser, das aber so verschieden in Absicht auf die Brechung seyn möge, als es verschiedene Brunnen gebe. Das Brechungsverhältniß für dasselbe sey inzwischen vermuthlich zwischen den Grenzen 1,336:1 und 1,337:1 enthalten.

Alle Arten Salz in Wasser aufgelöst vergrößerten vermuthlich dessen Brechung.

Am wenigsten würde das Licht in Auflösungen von Urinsalz und von Vitriol gebrochen; am meisten in denen von Kochsalz und Salmiak. Das Brechungsverhältniß der Salzauflösungen, wenn man einen Theil Salz zu 12 Theilen Wasser nehme, werde zwischen 1,34:1 und 1,35:1 fallen.

Geistige Liquoren hätten ein desto stärkeres Brechungsvermögen, je stärker sie wären. Als Grenzen der Brechungsverhältnisse könne man für sie die Verhältnisse 1,34:1 und 1,37:1 annehmen.

Destillirter Weinessig und die Auflösung von arabischem Gummi kämen in Absicht auf die Brechung dem gewöhnlichen Franzweine sehr nahe; und die Brechung durch Eyweiß sey gleich mit derjenigen durch rectificirten Weingeist.

Die mit mineralischem Alkali gesättigte Auflösung scheine dasselbe Brechungsverhältniß wie sehr starker Branntwein zu haben.

Saurer Salpetergeist und zerflossenes Weinsteinsalz fielen in Rücksicht auf die brechende Kraft zwischen geistige Flüssigkeiten und Oele.

Die brechende Kraft der Oele nähere sich am meisten derjenigen, die das Glas habe, besonders das Terpentinöl, welches unter allen Flüssigkeiten, die er untersucht habe, die größte brechende Kraft besitze.

Daß die verschiedenen Grade der Wärme auf die brechende Kraft der Materien einen Einfluß haben möchten, war schon eine Muthmaßung von Newton; seine Methode aber, die Brechung überhaupt zu bestimmen, war zu wenig zuverlässig, um hierüber

etwas

etwas bestimmtes festsetzen zu können. Eulers Verfahren hingegen war hier schicklicher. Seine Bemühungen darüber sind folgende:

1. Er hielt ein einfaches Objektivglas in siedendes Wasser, bis es so heiß wie das Wasser ward; maaß hierauf unmittelbar desselben Brennweite, und fand sie 16 Zoll groß. Als die Linse kalt geworden war, betrug sie $16\frac{1}{4}$ Zoll. Bey dem Versuche stand das Reaumür. Thermometer auf 14 Grad, und da an diesem 80 Grad für die Hitze des kochenden Wassers gelten, so hatte eine Vermehrung der Hitze von 66 Graden eine Verminderung der Brennweite von $\frac{1}{4}$ Zoll hervorgebracht.

2. Er füllte die Höhlung eines aus zwey Menisken zusammengesetzten Glases mit kochendem Wasser an, und fand die Brennweite 45 Zoll, welche nur 41,44 Zoll groß blieb, wenn das Wasser kalt geworden war. Das Thermometer stand auf 34 Grade.

3. Wie das Thermometer 3 Grade unter dem Gefrierpunkte stand, hielt er ein einfaches Objektivglas über kochendes Wasser, bis das Thermometer, das hart an das Glas gehalten ward, auf 30 Grade stieg, maaß darauf sogleich die Brennweite, und fand sie 48,31 Zoll. Nachdem das Glas so weit kalt geworden, daß das Thermometer nur 8 Grade Wärme zeigte, war die Brennweite um $\frac{1}{4}$ Zoll größer geworden; und wie es ganz kalt geworden war, und das Thermometer wieder 3 Grade unter dem Gefrierpunkte stand, war die Brennweite noch um $\frac{1}{4}$ Zoll größer. Sie war also durch eine Hitze von 33 Graden um einen halben Zoll vermindert.

4. Er füllte die Höhlung zweyer Menisken mit Brunnenwasser, hielt sie über siedendes Wasser, wäh-

rend das Thermometer von 3 Grad unter dem Gefrierpunkte bis zu 30 Grade darüber ſtieg, und fand alsdenn die Brennweite 37,56 Zoll. Sie ward 32,44 Zoll, da das Thermometer bis auf 6 Grade heruntergefallen war, und 31,44 Zoll bey einem halben Grad Wärme. Wie das Thermometer 3 Grad unter dem Gefrierpunkte ſtand, gefror das Waſſer und ward undurchſichtig.

5. Da er dieſelben Menisken bey eben dem Stande des Thermometers, nämlich 3 Grad unter dem Gefrierpunkte, mit Franzbranntwein gefüllt hatte, fand er die Brennweite 18,31 Zoll. Wie dieß zuſammengeſetzte Glas bis auf 30 Grad Wärme erhitzt war, ward die Brennweite um 7,13 Zoll größer.

6. Da er die nämlichen Menisken bey dem vorigen Stande des Thermometers mit einer Auflöſung von Kochſalze gefüllt hatte, war die Brennweite 21,81 Zoll; dieſe ward um 2,88 Zoll größer, nachdem das Linſenglas bis zu 30 Grad Wärme erhitzt war.

7. Da er eben dieſe Menisken mit Olivenöl beym Thermometerſtand von 8 Grad unter dem Gefrierpunkte gefüllt hatte, war die Brennweite 6,75 Zoll; wie ſie aber in die Wärme gebracht wurden, da das Thermometer 50 Grade zeigte, war die Brennweite 7,37 Zoll.

8. An demſelben Tage, bey eben dem Stande des Thermometers, füllte er dieſelben Gläſer mit Egerwaſſer, und fand die Brennweite 36,50 Zoll; als aber das Thermometer auf 50 Grad über dem Gefrierpunkte, in allem 58 Grad, geſtiegen war, ward die Brennweite 53 Zoll.

Aus dieſen Verſuchen ſchließt Euler folgendes: Der erſte und dritte Verſuch zeigen, daß die Brennwei-

weite einer einfachen Linse abnimmt, so wie ihre Erwärmung zunimmt. Diese Verminderung der Brennweite ist nicht etwa einer Veränderung des körperlichen Raums zuzuschreiben; denn diese ist gegen die hier beobachtete Wirkung viel zu klein, und müßte vielmehr eine entgegengesetzte Wirkung hervorbringen. Sie rührt also ohne Zweifel von einer Veränderung der Brechungskraft des Glases selbst her, daß also durch die Wärme die Brechungskraft des Glases, und vermuthlich auch aller andern durchsichtigen Körper, vergrößert, und durch die Kälte vermindert wird.

Man könnte sich wundern, daß, da die Brennweite einer einfachen Linse durch die Hitze vermindert wird, die Brennweite der Menisken, wenn sie mit irgend einer Flüssigkeit gefüllt waren, durch die Hitze zunähme. Allein Euler bemerkt, es folge hieraus noch nicht, daß diese Materien von der Hitze auf eine andere Art verändert werden, als das Glas, und schließt vielmehr, nachdem er alle Umstände dieses zusammengesetzten Versuchs erwogen, daß die Hitze die Brechungskraft des Wassers und aller andern Flüssigkeiten so gut, wie die des Glases, vermehre.

Der Duc de Chaulnes y), welchem die bisher gebrauchten Methoden, die Brechung des Glases zu bestimmen, nicht Genüge leisteten, fiel auf eine andere sehr sinnreiche. Er ließ nämlich das Glas in Platten formen, deren Oberflächen völlig eben und parallel waren, auf welche er kleine Gegenstände legte, worauf er vermittelst eines zusammengesetzten Mikroskops, welches ein gutes Mikrometer hatte, die verschiedenen Entfernungen, in welchen diese Gegenstände

deut-

y) Mémoir. de l'Acad. de Berlin 1767. p. 431.

deutlich zu ſehen waren, bemerkte, und ſie mit der Dicke des Glaſes verglich. Hieraus finde man, ſagt er, das Brechungsverhältniß für ſolches Glas unmittelbar. Man ſetze (fig. 49.) a und b wären zwey Punkte an den beyden Oberflächen, und ein Gegenſtand befinde ſich in a, ſo werden die Strahlen bey d und e ſo gebrochen werden, daß der ſcheinbare Ort in c iſt, und die Entfernung ca wird von der brechenden Kraft des Glaſes abhangen.

Auf dieſe Art beſtimmte er die mittlere Brechungskraft von 50 Arten des Glaſes. Sein Kronglas war 2,78 Zoll dick, und ſchien durch die Brechung nur 1,85 Zoll dick, woraus das Brechungsverhältniß 1 : 0,665 folgt. Für Flintglas war die wahre Dicke 2,42 die ſcheinbare 1,52, das Brechungsverhältniß 1 : 0,628.

Strahlenbrechung durch die Atmoſphäre und Blinkern der Fixſterne.

Seit Mariotte's Zeiten haben mehrere Mathematiker den Weg des Lichts durch die Luft als eine krumme Linie betrachtet, und aus den Eigenſchaften derſelben richtigere Verhältniſſe der Strahlenbrechungen in verſchiedenen Höhen herzuleiten geſucht. Brook Taylor erklärte dieſe Curve als eine von den verwickeltſten und ſchwerſten, die man nur aufgeben könne.

Simpſon [2]) beſchäftigte ſich auch mit der Entwickelung dieſer krummen Linie, und folgerte aus ſeinen Unterſuchungen das Geſetz, daß ſich die Brechungen in verſchiedenen Höhen, wie die Tangenten der um

2) Mathematical diſſert. p. 46.

um $\frac{1}{4}\frac{1}{1}$ der Brechungen verminderten Abstände vom Zenith verhalten.

Tobias Mayer [a]), welcher bey seinen Beobachtungen mit dem Göttingischen Mauerquadranten seine Absicht vorzüglich auf die Strahlenbrechung richtete, fand die Aenderung der Refraction den Aenderungen des Thermometers proportional, und gab 1753 folgende mit allgemeinem Beyfall aufgenommene Regel an: die mittlere Strahlenbrechung für 28 Zoll Barometerhöhe und 10 Grad Wärme verändert sich bey 15 Linien Veränderung des Reaumür'schen Thermometers um den 22ten Theil ihrer Größe. Diese Regel giebt für 1 Grad des Thermometers $\frac{1}{220}$.

Mayer theilte diese seine Regel dem de la Caille [b]) zu Paris mit, welcher sie zwar billigte; da er aber unter den bisher berechneten Tafeln der Refraction so wenig Uebereinstimmung fand, so entschloß er sich, diesen Gegenstand einer genauen Untersuchung zu unterwerfen, und fand eine neue sinnreiche Methode, die Refraction durch Beobachtung zu bestimmen. Er wählte nämlich zwey Sterne, wovon der eine nahe durchs Zenith von Paris und zugleich nahe am Horizonte des Caps der guten Hoffnung vorbeygieng, indem der andere nahe am Horizonte von Paris und beym Zenith des Caps sich befand, beobachtete diese, und verglich die Beobachtungen mit einander. So fand er die Veränderung der Refraction für 10 Grade $\frac{1}{27}$ oder für 1 Grad Wärme $\frac{1}{270}$. Nach de la Caille hat de la Lande [c]) eine Refractionstafel berechnet.

Sehr

a) Opera inedita cura *Lichtenbergii*. Vol. I.
b) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1755.
c) Exposition du calcul astronom. à Paris 1762. 8. p. 251. 252.

Sehr genaue Unterſuchungen über die Strahlenbrechung der Atmoſphäre hat Euler [d]) angeſtellt, in ſo fern die Veränderungen der Wärme und der Elaſticität auf ſie einen Einfluß haben, und gezeigt, daß die Brechung, bis auf eine beträchtliche Entfernung vom Scheitelpunkte hin, ſich hinlänglich genau, wie die Tangente dieſer Entfernung verhalte, und daß ſie mit den Barometerhöhen in einem ordentlichen, mit den Unterſchieden der Thermometerhöhen aber in einem verkehrten Verhältniſſe ſtehe. Nur wenn die Sterne nahe am Horizonte ſind wachſen die Abweichungen ſchneller, beſonders bey veränderter Wärme.

Im Jahre 1760 glaubte Bradley ſeinen Beobachtungen zu Folge mit Simpſon den Satz annehmen zu dürfen, daß ſich die Brechungen in verſchiedenen Höhen, wie die Tangenten der um 3 (nach Simpſon $\frac{11}{4}$) der Brechungen verminderten Entfernungen vom Scheitelpunkte verhielten. Setzt man alſo hiernach die ſcheinbare Entfernung vom Scheitelpunkte $= z$, und die Brechung $= \varrho$, ſo verhält ſich ϱ wie tang. $(z - 3\varrho)$; und wenn ϱ klein iſt, ſo läßt ſich ohne Fehler annehmen, es verhalte ſich wie tang. z ſelber, daher die Strahlenbrechungen von 45° Höhe an bis zum Scheitelpunkte ziemlich genau im Verhältniſſe der Tangenten der Entfernungen vom Scheitelpunkte abnehmen. Für größere ϱ in Höhen unter 45° iſt, wenn die Horizontalrefraction $= h$ geſetzt wird,

$$\text{tang. } (90° - 3\varrho) : \text{tang. } (z - 3\varrho) = h : \varrho.$$

Nach dieſer Regel hat de la Lande eine Beobachtungstafel für Bradley's Beobachtungen berechnet, welche ſich in der Berliner Sammlung aſtronomiſcher Ta-

d) Mémoir. de l'Acad. de Berlin 1754. p. 131.

Tafeln [e]) befindet, und bey den Astronomen am meisten im Gebrauche ist. Ein kurzer Auszug daraus ist dieser:

scheinbare Höhe	Strahlenbrechung		scheinbare Höhe	Strahlenbrechung		scheinbare Höhe	Strahlenbrechung	
Grad	′	″	Grad	′	″	Grad	′	″
0	32	24	9	5	58	50	0	49
1	24	21	10	5	24	55	0	41
2	18	41	15	3	36	60	0	34
3	14	46	20	2	40	65	0	28
4	12	3	25	2	6	70	0	21
5	10	5	30	1	42	75	0	16
6	8	39	35	1	24	80	0	10
7	7	32	40	1	0	85	0	5
8	6	40	45	0	59	90	0	0

Die vornehmste Wirkung der Refraction ist diese, daß sie alle Höhen der Gestirne vergrößert, daher man von jeder beobachteten scheinbaren Höhe erst die ihr zugehörige Größe der Strahlenbrechung abziehen muß, um ihre wahre Höhe zu finden. Es wird daher durch die Strahlenbrechung verursacht, daß die aufgehenden Gestirne schon im Horizonte gesehen werden, wenn sie eigentlich noch darunter stehen, und daß die schon untergegangenen noch eine Zeitlang sichtbar sind. Die Refraction verlängert also die Zeitdauer ihrer Sichtbarkeit. Weil nun die Horizontalrefraction etwa 32′ beträgt, und die scheinbaren Durchmesser der Sonne und des Mondes fast eben so groß sind, so macht diese Verlängerung so wohl früh, als Abends so viel Zeit aus, als der Durchmesser dieser Gestirne Zeit braucht, sich durch den Horizont zu schieben.

In

e) B. III. S. 228. 229.

In unsern Gegenden beträgt dieß nach Käſtner f) bey der Sonne

für den Aequinoctialtag	3 Min.	37 Sek.
für den längſten Tag	4 —	15 —
für den kürzeſten Tag	4 —	34 —

daß folglich die Zeitdauer unſers längſten Tages durch die Strahlenbrechung noch um $8\frac{1}{2}$ Minute vergrößert wird.

Innerhalb der kalten Zonen wird der beſtändige Tag, der daſelbſt im Sommer ſtatt findet, durch die Horizontalrefraction beträchtlich verlängert, beſonders da dieſe wegen der kalten und dichten Luft daſelbſt ſehr ſtark iſt. Die Niederländer, welche 1597 mit Hemskerk und Wilhelm Barentß in Novazembla unter 76° Breite überwinterten, ſahen den Rand der Sonne ſchon am 24ten Januar wieder, da ſie ihn der Rechnung nach ohne die Brechung erſt am 10ten Februar hätten ſehen können. Aus dieſem ſchon von Kepler angeführten Beyſpiele folgt die dortige Horizontalrefraction $= 4\frac{1}{2}$ Grad, faſt 9mahl größer, als die Beobachtungen ſie ſonſt geben, welches faſt unglaublich ſcheint. Allein Käſtner g) zeigt aus einer holländiſchen Sammlung von Reiſebeſchreibungen, welche 1646 herausgekommen iſt, daß in der Nachricht von Barentß dritter Schiffarth wirklich die oben erwähnten Tage angegeben ſind.

Auch hat die Brechung des Lichts in der Atmoſphäre auf die ſcheinbaren Orte irdiſcher Höhen, mithin auch auf die geometriſche Höhenmeſſung Einfluß. Dies

f) Aſtronom. Abhandl. Samml. I. Götting. 1772. 8. S. 410.

g) Anmerk. zu Lulofs Kenntniß der Erdkugel. §. 466.

Diesen Gegenstand haben Mayer [h]) und Lambert [i]) untersucht. Letzterer hat daraus sehr glückliche Verbesserungen der beobachteten Höhen der Berge hergeleitet, und gezeigt, daß sie auf solche Art mit den Barometerhöhen sehr gut zusammenstimmen. Er erweiset zuerst, daß man bey mäßigen Entfernungen, welche auf der Erde vorkommen, den Weg des Lichtstrahls für einen Kreisbogen annehmen könne, und dann, daß der Halbmesser dieses Bogens siebenmahl größer ist, als der Erdhalbmesser. Hierauf giebt er eine Tabelle, worin berechnet ist, wie viel man von der scheinbaren Höhe eines Gegenstandes, dessen Spitze in der Horizontallinie erscheint, abziehen müsse, um die wahre Höhe zu haben. Einen Auszug hievon giebt folgende Tafel, in welcher franzöſ. Toisen zu verstehen sind.

Toisen, welche von der scheinbaren Höhe abzuziehen sind	Entfernung des Berges	Toisen, welche von der scheinbaren Höhe abzuziehen sind	Entfernung des Berges
1	6761	20	30238
2	9562	30	37035
3	11711	40	42764
4	13523	50	47812
5	15119	60	52375
6	16562	70	56571
7	17889	80	60477
8	19124	90	64146
9	20285	100	67615
10	21388		

Als

h) De refractionibus objectorum terrestr. Gott. 1751.

i) Propriétés de la route de la lumière p. 87. sqq.

Als Lambert nach dieſen Rechnungen die von Caſſini gemeſſenen Höhen einiger Berge verbeſſerte, fand er, daß ein Paar derſelben um 80 Toiſen zu klein, andere 40 bis 50 Toiſen zu groß angeſetzt waren, ſo daß es kein Wunder war, daß die Barometerhöhen mit den gemeſſenen Höhen nicht übereinſtimmen wollten, da ſie hingegen zu den verbeſſerten Höhen ſich vortrefflich ſchickten. Eine Berechnungen der Höhen der Oerter über der Meeresfläche aus den ihnen zugehörigen Barometerhöhen hat er in eine Tabelle gebracht, wovon folgende ein Auszug iſt.

Barometerhöhe	Höhe des Ortes	Barometerhöhe	Höhe des Ortes
27 Zoll 11 Lin.	12,0 Toiſ.	26 Zoll	306,6 Toiſ.
— - 10 -	24,1 -	25 -	472,8 -
— - 9 -	36,3 -	24 -	647,9 -
— - 8 -	48,6 -	23 -	829,7 -
— - 7 -	60,9 -	22 -	1020,8 -
— - 6 -	73,3 -	21 -	1221,2 -
— - 5 -	85,7 -	20 -	1431,8 -
— - 4 -	98,2 -	19 -	1652,5 -
— - 3 -	110,8 -	18 -	1887,4 -
— - 2 -	123,3 -	17 -	2134,8 -
— - 1 -	136,0 -	16 -	2397,3 -
27 - — -	148,7 -	15 -	2677,0 -
26 - — -	306,6 -	14 -	2976,0 -

Lambert's Berechnungen ſetzen aber voraus, daß die brechende Kraft der Luft unveränderlich ſey; da aber dieſes nicht iſt, ſo muß man ſeine Regeln als blos für den mittleren Stand der Luft gültig anſehen.

Rettle-

k) Philoſ. Tranſact. num. 388. p. 308.

Nettleton k) beobachtete eine sehr merkwürdige Veränderlichkeit der brechenden Kraft der Atmosphäre nicht weit von Halifax in Yorkshire, woraus erhellet, wie wenig man sich auf die aus Winkelmessungen berechneten Höhen der Berge verlassen könne, wenn der Einfluß der Refraction nicht in Betrachtung gezogen wird. Als er durch die Erfahrung ausmachen wollte, wie viel das Barometer in jeder gegebenen Höhe herabfiele, beschloß er, die Höhen einiger der dortigen höchsten Hügel zu messen, fand aber bey der Ausführung so viele Schwierigkeiten von Seiten der Strahlenbrechung, daß er zu keiner Gewißheit kommen konnte. Er hatte an einem heitern Tage die Höhe eines ziemlich hohen Berges gemessen, und die Höhe des Queckſilbers sowohl am Fuße, als auch auf der Spitze beobachtet, woraus er schloß, daß man, wenn das Queckſilber $\frac{1}{10}$ Zoll fallen soll, 90 und mehrere Fuß in die Höhe steigen müsse. Wie er aber an einem trüben Tage, da die Luft weit mehr mit Dünsten beschwert war, den Versuch wiederholte, fand er die kleinen Winkel durch die Strahlenbrechung so vergrößert, daß der Hügel viel größer als vorher schien. Er stellte nachher in seinem eigenen Hause öfters diesen Versuch an, daß er mit einem Quadranten nach einigen benachbarten Hügeln hin visirte, und fand, daß sie des Morgens vor Sonnenaufgang, auch des Abends spät, um einige Minuten höher schienen, als es Mittags bey heiterer Luft. Einmahl fand er zwischen den Höhen desselben Hügels einen Unterschied von mehr als 30 Minuten. Hieraus schließt er, daß die beobachteten Höhen sehr hoher Berge, besonders wenn man sie, wie es gewöhnlich der Fall ist, von ferne unter kleinen Winkeln sieht, gar nicht zuverlässig sind.

Was

k) Philosoph. Transact. n. 388. p. 308.

Was das Blinkern der Fixſterne betrifft, ſo wird in der Hiſtoire de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1743 berichtet, daß die Urſache dieſer Erſcheinung der gewöhnlichen Meynung nach von den Dünſten in der Atmoſphäre abhange. Es würde aber hiezu vorzüglich erfordert, daß das Licht der Himmelskörper ſehr lebhaft ſeyn müſſe. Daher komme es, daß die Planeten kein funkelndes Licht, wie die Fixſterne, zeigten. Indeſſen bemerke man doch an der Venus und dem Merkur, daß ſie bisweilen funkelten, indem ſie der Sonne ſehr nahe wären, und daher das von ihr geborgte Licht mit größerer Lebhaftigkeit zu uns ſenden könnten. Daß dieß wirklich die Urſach des Funkelns der Sterne iſt, wird beſonders durch die Beobachtungen, welche Garcin in dem heißen Arabien und an andern Orten von heißen Erdſtrichen gemacht hat, beſtätigt. Dieſer hatte nämlich in dieſen heitern Gegenden gar kein Funkeln an den Sternen wahrgenommen. Blos in der Mitte des Winters beobachtete er dergleichen, aber doch ſehr ſchwach. Dieß nämliche hatte auch de la Condamine in Peru geſehen.

Muſſchenbroek [l]) wollte zwar einen Theil dieſer Erſcheinung in der Wirkung des lebhaften Lichts der Sterne aufs Auge ſuchen; alsdenn aber müßten ſie um den Scheitelpunkt am ſtärkſten funkeln, weil ihr Licht von daher am ungeſchwächſten ins Auge kommt.

Michell [m]) ſuchte die Urſache des Blinkerns in einer ungleichen Dichtigkeit des von den Sternen aus-

l) Introduct. ad philoſoph. natural. Vol. II. §. 1741.

m) Philoſ. Tranſact. Vol. LVII. p. 262.

ausgehenden Lichts. Es möchten nur sehr wenige Lichttheilchen, vielleicht nur drey oder vier, in einer Sekunde Zeit in das Auge kommen, und doch könne der Gegenstand immer sichtbar bleiben. Der Eindruck könne augenblicklich, und die Empfindung desselben von einiger Dauer seyn. Folglich möchten der Lichtstrahlen, die selbst von dem Sirius in einer Sekunde ins Auge kommen, nicht über drey- bis viertausend, und von den Sternen der zweiten Größe nicht über hundert seyn. Die scheinbare Ab- und Zunahme des Lichts, welche man bey dem Blinkern der Fixsterne wahrnehme, möge etwa in einer Sekunde vier bis fünfmal geschehen. Demnach wäre es wohl möglich, daß das Blinkern daher entstünde, weil in einer so kurzen Zeit, wie der vierte oder fünfte Theil einer Sekunde, die Strahlen natürlich bisweilen dichter, bisweilen dünner ins Auge kämen. Wenn einmahl zwey oder drey auf zwanzig Strahlen mehr, und gleich darauf zwey oder drey weniger ins Auge kommen, so glaubt er, müsse der Unterschied schon merklich seyn.

Nachher bekam Michell aber doch einen Zweifel, ob die ungleiche Dichtigkeit des Lichts auch so vielen Einfluß, wie er geglaubt hätte, haben könnte, besonders da er bemerkte, daß auch die Venus bisweilen funkele. Einmahl, da sie etwa 6 Grad hoch stand, that sie dieß sehr stark, ungeachtet Jupiter, der damals etwa eine Höhe von 16 Graden hatte und lange nicht so helle war, ganz und gar nicht blinkerte. Wenn daher, ungeachtet der vielen Strahlen, welche von einer solchen Oberfläche, als dieser Planet uns entgegenstellt, ins Auge kommen, er dennoch dem Blinkern unterworfen ist, so müsse dieses

wohl von wellenartigen Bewegungen in der Atmoſphäre herrühren, die eine jede andere mitwirkende Urſache ganz merklich machen.

Einige Aſtronomen haben das Blinkern der Fixſterne aus der höchſt geringen Kleinheit ihrer Durchmeſſer erklären wollen, weßhalb ſie durch jedes in der Luft ſchwimmende Stäubchen dem Auge entzogen würden. Allein Michell [n]) bemerkt, daß ein Körper, der dem Auge ſelbſt einen mathematiſch unendlich entfernten Punkt verdecken ſolle, doch ſo groß als der Augenſtern ſeyn müßte.

Eine Erſcheinung am Himmel, welche ſich aus der Bewegung der in der Atmoſphäre herumſchwimmenden gröbern Dünſte und Theilchen erklären läßt, iſt die, welche Lambert [o]) bey Gelegenheit des Durchgangs der Venus durch die Sonne im Jahre 1769 beobachtet hat. Er ſahe nämlich dieſen Planeten durch ein gutes Spiegelteleſkop, bey ſeinem Eintritt in die Sonne, ſich wie eine Ente ins Waſſer eintauchen und wieder zurückziehen, und ſchien in einer Zeit von einigen Sekunden zuweilen in einer länglichten Figur bis über $1\frac{1}{2}$ Minuten tief eingeſenkt, gleich darauf aber wiederum ganz heraus zu ſeyn; und da die Sonne mit ihrem untern Rande am Horizonte war, ſo ſchien es, als wäre am obern Rande nordwärts ein ganzes Stück von der Sonne weggekommen, welches ſich aber gleich wieder herſtellte. Vorher, da die Sonne etwa noch 3 Grade über dem Horizonte ſtand, ſahe ihr Rand rings herum, beſonders aber oben und unten, ſehr höckericht, wie eine Säge, aus. Dies

n) Edinburgh eſſays. Vol. II. p. 262.

o) Anmerkungen zu Picard's Abhandl. vom Waſſerwägen §. 53. S. 248.

Diese Erscheinungen schreibt Lambert gewissen augenscheinlichen Veränderungen in der horizontalen Strahlenbrechung zu. Herr Klügel p) bemerkt hiebey, er sey zwar geneigt, dieselben aus der wallenden Bewegung der gröbern untern Luft zu erklären, so wie man durch einen aufsteigenden Rauch die Gegenstände wanken sieht, aber deßwegen sey er doch nicht geneigt, eben dieser Ursache das Blinkern der Fixsterne zuzuschreiben. Denn warum blinkern die Fixsterne allein und die Planeten nicht, oder doch nur einige derselben selten? und warum scheinen die Fixsterne Strahlen zu schießen, da sie vielmehr nebst den Planeten sich hin und her bewegen müßten?

Es wäre gut, sagt Herr Klügel, wenn man erstlich bestimmter die Art und Weise erklärt hätte, wie die Strahlen, wenn sie durch ein wallendes Mittel gehen, hin und her wankend gemacht werden. Vielleicht sey dieß irgendwo geschehen, und vielleicht seine Schwierigkeiten gehoben. Sonst aber bleibe noch folgende Erklärung übrig. Der Reitz des Lichts auf der Netzhaut verursache vielleicht eine ganz kleine Bewegung, ein kleines Zittern der Fibern, und das Bild des leuchtenden Punkts falle daher bald auf den einen, bald auf den andern Punkt der Netzhaut. Dauert nun der Eindruck noch auf der einen Stelle fort, wenn schon die andere gerührt wird, so wird das Bild des leuchtenden Punkts größer, als es sonst seyn würde; es wird bald auf dieser bald auf jener Seite heller: da nämlich, wohin der letzte Eindruck fällt; und es scheint Strahlen zu schießen. Dieses mag der Fall bey

p) Priestley's Geschichte der Optik, in der Uebersetzung S. 374.

bey den Sternen, als einzelnen leuchtenden Punkten, ſeyn. Die Planeten ſchießen keine Strahlen, weil ihr Licht gewöhnlich zu ſchwach iſt, als daß der vorhergehende Eindruck auf eine gewiſſe Stelle der Netzhaut noch neben dem folgenden auf eine andere nächſte Stelle fortdauern könnte. Dagegen blinkern die Fixſterne durch ein Fernrohr betrachtet auch nicht, weil alsdenn ihr Bild weit heller iſt, und der jedesmalige Eindruck auf eine Stelle den vorhergehenden auf einer nächſtgelegenen verdunkelt. Eben ſo geht es, wenn die Luft, wie in einigen Morgenländern, ſehr rein und klar iſt. Eine dicke Atmoſphäre zerſtreuet die Strahlen, welche durch die Brechung überdem ſelten als von einem Punkte ausfahrend erſcheinen. Das Bild eines Sterns wird daher undeutlicher und ſchwächer erleuchtet. Durch eine reine Atmoſphäre iſt es deutlicher und ſtärker erleuchtet. Es ſcheine hier, wie es auch ſonſt in phyſikaliſchen, moraliſchen und politiſchen Dingen zu gehen pflegt, zu viel und zu wenig ähnliche Wirkungen zu haben.

Verſchiedene Zerſtreuung der Lichtſtrahlen, wie ſie von ihrer verſchiedenen Brechbarkeit nicht abhängt.

Eine der wichtigſten Entdeckungen dieſes Zeitraumes iſt diejenige, welche **Dollond** in Abſicht der Brechung des Lichts machte, und welche ihm Veranlaſſung zu der vortrefflichen Verbeſſerung der Fernröhre gab. **Newton**, welcher die verſchiedene Brechbarkeit der Lichtſtrahlen entdeckt, und die daraus entſtehende Abweichung der Gläſer mit Recht für die Haupturſache der Undeutlichkeit in den Fernröhren erkannt hatte, ließ ſich bey dieſer wichtigen Entdeckung dennoch zu einem Irrthume verleiten. Er glaubte nämlich, die verſchiedenen bey der Brechung von einander

ander gesonderten Farbenstrahlen würden von allen brechenden Mitteln in einerley allgemeinem Verhältnisse zerstreuet; wenn also die Brechung der Strahlen von der mittleren Gattung bestimmt sey, so sey dadurch auch die Brechung der von den äußersten Gattungen, d. i. der rothen und violetten, gegeben, das brechende Mittel möchte seyn, welches es wolle. Diesen Satz sahe er als eine nothwendige Folge eines seiner Versuche an. Er glaubte nämlich gefunden zu haben [q]), daß das Licht, durch wie viel verschiedene brechende Mittel es auch immer gehen möchte, allezeit weiß bleibe, wenn des Strahles Richtung beym Ausgange der beym Eingange parallel sey; hingegen allezeit in Farben zerstreuet werde, wenn der ausgehende Strahl eine andere Richtung nehme, als er beym Eingange gehabt habe. Weil nun aus dem Objektivglase eines Fernrohrs die von weit entfernten Punkten einfallenden Strahlen so ausgehen müssen, daß sie nach dem Brennraume zusammenfallen, und also ihre Richtung beym Ausgange nie mit ihrer Richtung beym Eingange in das Glas parallel bleiben kann, so hielt er es für eine entschiedene Unmöglichkeit, durch das Objektivglas eines Fernrohrs weißes Licht und ungefärbte Bilder zu erhalten. Er zog daher seine Gedanken von der Verbesserung der Objektivgläser gänzlich ab, und verwendete alle seine Bemühungen blos auf die Spiegelteleskope.

Bey dem großen Ansehen, in welchem Newton's Behauptungen und Versuche standen, blieb die Frage von Vermeidung der Farbenzerstreuung bey Ob-

q) Optice latin. redd. a *Sam. Clarke.* Lond. 1706. 4. L. I. P. II. exper. 8.

Objektivgläſern auf achtzig Jahre lang unberührt, bis endlich Euler im Jahre 1747 den Vorſchlag that [r]), die Objektivgläſer zur Vermeidung der Farbenzerſtreuung aus verſchiedenen brechenden Materien zuſammenzuſetzen, und ſtatt eines Glaſes deren zwey, mit daszwiſchen gefülltem Waſſer zu gebrauchen. Dieſer Gedanke Euler's gründete ſich zum Theil auf einen von Newton ſelbſt in anderer Abſicht gegebenen Wink, zum Theil auf die Betrachtung der Mittel, deren ſich die Natur bey dem Baue des menſchlichen Auges bedient hat.

Schon Newton, ſagt Euler, hat vermuthet, daß Objektivgläſer aus zwey Linſen, deren Zwiſchenraum mit Waſſer angefüllt wäre, zur Verbeſſerung der Fernröhre, in Abſicht auf die Abweichung wegen der Geſtalt der Gläſer, dienen könnten; aber den Gedanken, daß man durch eben dieſes Mittel den Raum verkleinern könne, durch welchen ſich die Vereinigungspunkte der verſchiedenen Farbenſtrahlen ausbreiten, ſcheint er dabey ganz und gar nicht gehabt zu haben. Mir hingegen iſt es ſogleich vom erſten Anfange an wahrſcheinlich geweſen, daß man durch gewiſſe Zuſammenſetzungen verſchiedener durchſichtiger Mittel auch dieſen Fehler werde abhelfen können, und ich bin überzeugt, daß die verſchiedenen Feuchtigkeiten in unſerm Auge ſo geordnet ſind, daß durch dieſelben die Ausbreitung und Zerſtreuung der Vereinigungspunkte gänzlich gehoben wird. Dieß iſt, ſo viel ich glaube, eine ganz neue Seite, von welcher der Bau des Auges unſere Verwunderung verdient; denn wäre

r) Sur la perfection des verres objectifs des lunettes in den Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Pruſſe 1747. p. 277. ſuiv.

wäre es nur darauf angekommen, Bilder der Objekte im Auge darzustellen, so wäre dazu ein einziger durchsichtiger Körper hinreichend gewesen, wofern er nur die dazu nöthige Gestalt gehabt hätte. Sollte aber das Auge ein vollkommenes Werkzeug seyn, so mußten mehrere verschiedene durchsichtige Materien dazu gebraucht, und in gehöriger Gestalt nach den Regeln der erhabensten Geometrie verbunden werden, damit die Deutlichkeit des Bildes nicht durch die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen gestört würde.

Um die hieher gehörige Entdeckung richtiger und gründlicher einzusehen, halte ich es für nöthig, zugleich die hierüber vorgetragenen Theorien der verschiedenen Mathematiker kürzlich mit anzuführen. Nach Newton ist sie diese: Es sey (fig. 50.) efa ein prismatisches mit Wasser gefülltes Gefäß, in demselben befinde sich das gläserne Prisma cbd, und der brechende Winkel sey aufwärts gekehrt. In der Ebene, welche die Figur als einen auf den Seitenlinien des Prisma senkrechten Schnitt vorstellt, falle der Strahl gh auf die Seite ea des Prisma und werde durchs Wasser im Raume bce, durchs Glas im Raume bcd, und wieder durchs Wasser im Raume bdf in die Lagen hi, ik, kl, lm gebrochen. Durch h, i, k, l ziehe man die Einfallslothe tp, pq, qr, rf, und setze für die Strahlen der mittleren Brechbarkeit das Brechungsverhältniß aus Glas in Luft = 1 : n, aus Luft in Wasser = m : 1, so ist es aus Glas in Wasser = m : n. Sind nun alle hier vorkommende Winkel so klein, daß sie ihren Sinussen proportional gesetzt werden können, so ist phi = $\frac{1}{m}$ ght, pih = bce — phi oder pih = pce — $\frac{1}{m}$ ght, als

ſo $gik = \frac{m}{n}\ pih = \frac{m}{n} . bce - \frac{1}{m}\ ght$, und wiederum $ikq = cbd - qik = cbd - \frac{m}{n}\ bce + \frac{1}{m}\ ght$, ſo wie $rkl = \frac{n}{m}\ ikq = \frac{n}{m}\ cbd - bce + \frac{1}{m}\ ght$. Demnach ferner $rbk = bdf - rkl = bdf - \frac{n}{m}\ cbd + bce - \frac{1}{m}\ ght$, und $mlf = m . rlk = m.bdf - n.cbd + m.bce - ght$. Es iſt aber der ſpitzige Winkel mvx, unter welchem der einfallende Strahl gh, und der zum letzten mahl gebrochene lm gegen einander geneigt ſind, $= ght + mlf - eaf$, wie ſehr leicht bewieſen werden kann, folglich findet man $mvx = m.(bdf + bce) - n.bcd - eaf$, oder $mvx = m.(cad + cbd) - n.cbd - eaf = (m - 1).cad + (m - n)\ cbd$.

Für die am meiſten brechbaren oder für die violetten Strahlen ſey das Verhältniß der Refraction aus Luft in Waſſer $= M : 1$, aus Luft in Glas $N : 1$, und der Kürze wegen ſchreibe man α, β ſtatt cad, cbd; ſo iſt für dieſe Strahlen der Winkel $mvx = (M - 1)\alpha + (M - N)\beta$. In dem Falle, wenn die ungleichartigen Strahlen nach der letzten Brechung einander parallel werden, iſt der Winkel mvx für alle einerley, alſo

$(M - 1)\alpha + (M - N)\beta = (m - 1)\alpha + (m - n)\beta$,

und das giebt $(M - m)(\alpha + \beta) = (N - n)\beta$, folglich

$$M - m : N - n = \beta : \alpha + \beta$$

Dieß iſt der Fall, wenn das aus dem Prisma ausfahrende

rende Licht weiß, ohne alle Faben, erscheint, und nach Newton's Versuch soll dieser Fall eintreten, wenn zugleich das ausfahrende Licht lm mit dem einfallenden gh parallel ist. Alsdenn wäre $mvx = o$; folglich $(m - 1)\alpha = (n - m)\beta$ und $\alpha : \beta = n - m : m - 1$; mithin ferner $\alpha + \beta : \beta = n - 1 : m - 1$, und daher

$$M - m : N - n = m - 1 : n - 1.$$

Euler wagte es zwar noch nicht, Newton's Versuche zweifelhaft zu machen, glaubte aber doch aus seinen bereits angeführten Bemerkungen, daß es gar wohl möglich sey, die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen wieder gleich zu machen. Er trat daher mit einer neuen Theorie hervor, welche ganz auf algebraische Speculationen, ohne alle Erfahrungen, gebauet war. Er setzte hiebey folgende Stücke fest, woraus die Verhältnisse zwischen m und M, wie auch n und N herzuleiten sind. Nämlich 1. N wird auf dieselbe Art durch n ausgedruckt werden, wie M durch m; 2. wenn $m = 1$, so muß auch $M = 1$ seyn, weil alsdenn beyde Mittel einerley sind, und keine Brechung geschieht, 3. wenn man statt m setzt $\frac{1}{m}$, so muß der analytische Ausdruck, welcher M durch m giebt, sich in $\frac{1}{M}$ verwandeln. Denn alsdenn gehen die Strahlen aus dem zweyten Mittel ins erste, und ihr Weg ist derselbe, wie aus dem ersten Mittel ins zweyte; 4. wenn man mn statt m setzt, so muß der Ausdruck für M sich in MN verwandeln. Diese Bedingungen, welche statt finden müssen, wofern sich M überhaupt aus m bestimmen läßt, oder stets nach

m

m richtet, können nicht anders erfüllt werden, als wenn

$$M - m : N - n = m \cdot \log. m : n \cdot \log. n.$$

Er hielt ſeine Theorie für die einzig möglich wahre.

Dieſer Aufſatz Euler's erregte Dollond's Aufmerkſamkeit, der des erſtern Rechnungen ſorgfältig durchging. Er ſetzte ſtatt der von Euler muthmaßlich angenommenen Geſetze der Brechung diejenigen, welche aus Newton's Verſuchen wirklich hergeleitet waren, und fand, daß nach dieſer nothwendigen Subſtitution, aus Euler's Grundſätzen ſelbſt, folge, daß die Vereinigungspunkte aller Arten von Strahlen nicht anders in einen einzigen Punkt zuſammengebracht werden können, als wenn das Linſenglas unendlich breit iſt.

Euler antwortete blos im Allgemeinen hierauf: es ließe ſich unmöglich der Bau des Auges erklären, wenn man nach Newton's Beyſpiele die Vermeidung der Farbenzerſtreuung bey allen Brechungen durch erhabene Gläſer für unmöglich erklären wollte.

Der Euler'ſche Aufſatz erregte beſonders die Aufmerkſamkeit des Klingenſtierna s) in Schweden, welcher den Newton'ſchen Verſuch und deſſelben darauf gegründete Schlüſſe prüfte, und fand, daß, wenn Newton's Verſuch allgemein ſeine Richtigkeit hätte, daraus nicht ein gewiſſes Geſetz der Brechung für verſchiedene Strahlen, ſondern für unzählige, folgen würde, welche ſowohl gegen einander ſelbſt, als gegen die von Newton ſelbſt angenommenen Geſetze der Brechung ſtreiten. Er konnte alſo nichts anders dar-

s) Anmerk. über das Geſetz der Brechung bey Lichtſtrahlen von verſchiedener Art, wenn ſie durch ein durchſichtiges Mittel in verſchiedene andere gehen, in den ſchwed. Abhandl. 1754. d. deutſch. Ueberſ. S. 300.

daraus folgern, als daß der Versuch selbst in der mathematischen Schärfe nicht richtig seyn kann.

Es stelle nämlich (fig. 51.) BFC einen senkrechten Schnitt des Prisma, welches das Licht bricht, vor, an der Seite BF befinde sich ein gewisses Mittel, und an der Seite FC ein anderes von ungleichen Brechkräften. Ein einfacher Strahl ABCD gehe durch diesen Zusammenhang brechender Mittel dergestalt hindurch, daß sein einfallender Theil AB mit dem herausfahrenden CD parallel ist. Durch die Punkte C und B ziehe man die Linien aα, bβ auf die Seiten FB, FC senkrecht, und der Sinus des Einfallswinkels ABa verhalte sich zum Sinus des Brechungswinkels αBC wie r : i, der Sinus des Winkels BCb aber verhalte sich zum Sinus des Winkels DCβ, wie p : r.

Dieß vorausgesetzt muß nun die Lage bestimmt werden, welche der Strahl ABCD gegen die Seiten FB, FC haben muß, damit der einfallende Theil AB, und der herauskommende CD parallel werden. Zu dieser Absicht zieht er eine Linie (fig. 52) TP, auf der die Theile TG, TI, TM nach den Verhältnissen der Größen i, p, r, welche die Strahlenbrechungen messen, abgeschnitten werden, und verzeichnet nachgehends auf die Linie GI den Abschnitt eines Kreises IHG, der einen Winkel, so groß als der Winkel des Prisma BFC, in sich faßt. Aus dem Mittelpunkte T, mit dem Halbmesser TM, zeichnet er einen Kreis MH, welcher den Abschnitt des Kreises in H durchschneidet, von welchem Punkte er die Linien HT, HG, HI zieht. Auf solche Art müssen die Winkel ABa, CBα, BCb, DCβ den Winkeln PGH, GHT, IHT, PIH, in eben der Ordnung, gleich seyn, oder auch, welches eben darauf hinauskommt,

kommt, wenn der einfallende Strahl AB mit dem Perpendikel aα den Winkel ABa macht, der ſo groß als PGH iſt, ſo wird der Strahl CD, der nach beyden Brechungen herausfährt, mit dem einfallenden AB gleichlaufend ſeyn. Denn weil ſin. ABa : ſin. CBα = r : i, und ſin. PGH : ſin. GHT = TH: TG = r : i, ſo iſt klar, daß, wenn die vorhergehenden Winkel ABa, PGH, gleich ſind, auch die folgenden CBα, GHT, gleich ſeyn müſſen. Ueberdieß, weil CBα + BFC = BCb, und GHT + GHI = THI, ſo muß BCb = THI ſeyn. Weiter verhält ſich ſin. BCb : ſin. DCβ = p : r, und ſin. THI : ſin. PIH = TI : TH = p : r, alſo iſt PIH = DCβ. Endlich iſt PIH — PGH = IHG = BFC, alſo auch BFC = DCβ — ABa, und alſo ſind die Strahlen AB, CD, parallel.

Man ſetze nun ferner, der einfallende Strahl AB, der bisher als einfach betrachtet worden iſt, beſtehe aus Strahlen von verſchiedener Art, wobey es jedoch zur Abſicht hinreichend iſt, nur zwey, einen, der ſich mehr, und einen, der ſich weniger bricht, zu betrachten. Nun kommt es darauf an, zu zeigen, was für Geſetze der Brechung für dieſe beyden Strahlen erfordert werden, damit ihre ausfahrenden dem gemeinſchaftlichen einfallenden Strahle parallel werden. Zu dieſer Abſicht iſt folgendes zu bemerken: wenn beyde Strahlen unter einem gemeinſchaftlichen Winkel einfallen, indem ſie in dem einfallenden Strahle AB vereinigt ſind, und auch unter gleichen Winkeln ausfahren, weil ſie nämlich in Parallellinien nach CD ausgehen ſollen; ſo muß man, wenn für jeden Strahl eine beſondere Verzeichnung nach dem vorhergehenden Abſatze gemacht wird, um die Lage ſeines

eins

einfallenden zu finden, die Winkel PIH in beyden Verzeichnungen gleich groß machen, und eben so die Winkel PGH auch gleich groß machen. Nimmt man daher in beyden Verzeichnungen die Linie TM gleich groß an, welches nicht untersagt ist, und legt nachgehends eine Verzeichnung auf die andere, so daß die Linien TH, welche auch gleich sind. einander decken, so finden sich beyde Punkte (fig. 53.) G, g in einerley Kreisbogen HGgT, und die Punkte I, i auch in Einem Kreisbogen HIiT. Daraus folgt, wenn die Brechung der Strahlen, die am wenigsten gebrochen werden, nach dem Gesetze geht, das die Linien TG, TI, TH vorstellen, so müssen die Linien Tg, Ti, TH das Gesetz der Brechung bey denjenigen Strahlen vorstellen, welche die stärkste Brechung leiden, wenn anders die vorausgesetzte Wirkung erfolgen soll, daß beyder ausfahrende Strahlen ihrem gemeinschaftlich einfallenden parallel sind.

Nun ist noch übrig, das Gesetz der Brechung, welches Newton angiebt, mit demjenigen zu vergleichen, welches, wie eben gefunden worden, erfordert wird, wenn ausfahrende Strahlen von verschiedener Art parallel unter sich, und mit ihrem gemeinschaftlich einfallenden parallel gehen sollen, nachdem sie auf die jetzt angenommene Art zwey Brechungen erlitten haben. Der Sinus des Einfallswinkels verhält sich zum Sinus der Brechung, wenn der Strahl aus dem ersten Mittel in das Prisma geht, wie r : i, und wenn er aus dem letztern in das Prisma geht, wie r : p. Also sollte nach Newton's Gesetze r — i : r — p in einem gegebenen Verhältnisse stehn; d. i. wenn man aus dem Mittelpunkte T mit dem Halbmesser TH den Kreis HMm beschreibt, und die Linien

nien TGI und Tgi zieht, bis ſie eben den Kreis in M, m ſchneiden, ſo muß MG : MI = mg : mi ſeyn. Aber ein ſolches beſtändiges Verhältniß zwiſchen MG und MI ſtreitet wider das Geſetz der Brechung, welches durch die Zeichnung beſtimmt worden iſt. Denn ſtände MG und MI in einem unveränderlichen Verhältniſſe, ſo befänden ſich auch MI und IG in einem unveränderlichen Verhältniſſe. Da aber alle Winkel des Dreyecks HIG gegeben ſind, ſo iſt auch das Verhältniß GI : IH beſtändig, und folglich ſtünden MI und IH in einem beſtändigen Verhältniſſe. Weil nun der Winkel HIM unveränderlich bleibt, ſo wäre dadurch das Dreyeck HIM oder HMT unveränderlich. Hieraus würde folgen, daß der Punkt M allemahl in dem Umfange eines gegebenen Kreisbogens liegen müßte, der TH zur Sehne hätte. Dieſes aber ſtreitet wider die Verzeichnung, bey welcher TM von gegebener Länge iſt, und alſo M in einem Kreiſe liegt, deſſen Mittelpunkt T iſt.

Man ſieht alſo hieraus, daß ſich Newton's Geſetz der Strahlenbrechung mit demjenigen, das bisher gefunden iſt, nicht vergleichen läßt, ob er ſchon behauptet, er habe ſich eben des Grundes bedient. Daraus folgt weiter, daß Newton's Geſetz der Strahlenbrechung gegen ſeinen eigenen Grundſatz ſtreitet, ſo daß, wenn dieſes Geſetz in der Natur wirklich zu finden wäre, der von ihm angeführte Verſuch den Erfolg, den er ihm zuſchreibt, nicht haben könnte, ſondern im Gegentheil die ausfahrenden Strahlen ſich in gewiſſe Farben ſpalten müßten, wenn auch gleich einer von ihnen mit ihrem gemeinſchaftlich einfallenden parallel wäre.

Hie-

Hieben ist aber noch besonders zu bemerken, daß, wenn gleich das Gesetz der Brechung wirklich so beschaffen wäre, als dazu erfordert wird, daß sie alle zusammen, nach zwey Brechungen in einem gegebenen Prisma, mit ihrem gemeinschaftlich einfallenden Strahle parallel werden, so ist doch ein solches Gesetz der Brechung nicht vermögend, eben die Wirkung in einem andern Prisma zu thun, das einen andern Winkel hat, sondern ein jedes besonderes Prisma erfordert ein besonderes Gesetz der Brechung, wenn diese Wirkung erhalten werden soll. Dieses zu beweisen betrachte man die Verzeichnung der fig. 53, worin das Gesetz der Brechung für zwey Strahlen bestimmt ist, wodurch diese Strahlen in einem Prisma, dessen Winkel GHI oder gHi ist, gebrochen mit dem einfallenden gleichlaufend werden. Es ist nämlich gefunden, daß, wenn das Gesetz der Brechung derjenigen Strahlen, die sich am wenigsten brechen, durch die Verhältnisse der Linien TM, TI, TG ausgedruckt wird, so müssen die Linien Tm, Ti, Tg, dieses Gesetz für diejenigen Strahlen vorstellig machen, die sich am meisten brechen. Nun beweiset Klingenstierna daß bey Annahme eines andern Winkels als GHI für das Prisma, welches das Licht brechen soll, das Verhältniß der Linien TM, TI, TG; Tm, Ti, Tg, nie wie zuvor bleiben kann; oder welches dasselbe ist, wenn man die Verhältnisse der erwähnten Linien beybehält, so wird der Winkel GHI dadurch unveränderlich bestimmt. Zu diesem Ende stelle man sich vor, die gerade Linie Tgim werde mit den Punkten g und i, die nun unveränderlich sind, wie das auf gi gezeichnete Dreyeck gHi, um den Punkt T gedreht, bis Tm auf TM fällt. Also wird der Punkt H, des Dreyecks gHi Scheitel, in dem Umfange eines Kreis-

ſes herumgehen, deſſen Mittelpunkt T iſt, und der TM zum Halbmeſſer hat. Wenn Tm auf TM fällt, ſo werden die Linien GH, gH, gleichlaufend, wie auch die Linien IH, iH, weil die Dreyecke GHI, gHi, ähnlich, und ähnlicher Weiſe auf ihre Grundlinien GI, gi, geſetzt ſind. Die fig. 54. ſtelle dieſes nach der Veränderung vor. Man hat alſo auf den Grundlinien GI, gi, die auf dem Halbmeſſer TM liegen, zwey ähnliche Dreyecke GHI, ghi, die ihre Scheitel in dem Umkreiſe MHh haben. Man ziehe Hh, und verlängere ſie, bis ſie den Durchmeſſer TM in F ſchneidet. Und weil gi : GI = iF : IF, ſo iſt der Punkt F, und folglich hFH gegeben. Aber HF : hF iſt ein gegebenes Verhältniß, nämlich einerley mit GI : gi, alſo ſind die geraden Linien HF, hF der Größe nach beſtimmt. Und wie außerdem der Punkt F, und der Kreis MHh gegeben ſind, ſo ſind auch die Punkte H, h gegeben. Aber die Punkte G und I, g und i, ſind, wie vorausgeſetzt iſt, gegeben, und alſo ſind es auch die Dreyecke GHI, ghi; d. i. wenn das Brechungsgeſetz für zwey Strahlen gegeben iſt, ſo iſt dadurch ſowohl der Winkel des Prisma, als die Lage der einfallenden Strahlen gegeben, wodurch erhalten werden kann, daß die ausfahrenden mit ihren gemeinſchaftlichen einfallenden parallel gehen. Hieraus folgt endlich dieß, daß kein beſtändiges Verhältniß der Brechung für Strahlen von verſchiedener Art möglich iſt, das dieſe Wirkung erhalten könnte; daß, wenn einer der Farbenſtrahlen, nach mehrern Brechungen, mit ihren gemeinſchaftlichen einfallenden parallel würde, alle übrigen auch unter ſich, und mit dieſem gemeinſchaftlichen einfallenden parallel würden; und daß dieſes ſtatt fände, was für Brechungen der zuſammengeſetzte Strahl auch mittlerweile erlitten hätte.

Ende

Endlich bemerkt Klingenstierna noch, daß, je kleiner der Winkel in dem das Licht brechenden Prisma (fig. 51.) BFC ist, desto mehr Newton's Gesetz der Brechung mit demjenigen übereinstimme, das die Wirkung, von der Newton in seinem Versuche redet, zu erhalten nöthig ist. Denn alsdenn kommt (fig. 53.) MG beynahe in ein gegebenes Verhältniß zu MI, woraus folgt, daß, wenn die Brechungen bey Newton's Versuche ganz geringe waren, es wohl möglich gewesen ist, daß der Versuch den Ausgang gehabt hat, den er beschreibt. Aber alsdenn muß man Newton's Gesetz der Brechung auf kleine Brechungen einschränken; und wenn dieses Gesetz der Brechung seine Richtigkeit in kleinen Brechungen hat, wie sie bey einem Objektivglase nothwendig sind, so scheint dasjenige allerdings daraus zu folgen, was Newton behauptet, daß das Vermögen der Strahlen, verschieden gebrochen zu werden, sich durch brechende Gläser nicht dergestalt zur Richtigkeit bringen lasse, daß es nicht die Vollkommenheit der optischen Werkzeuge beträchtlich hindern sollte.

Einige Zeit hierauf sandte Klingenstierna dem Herrn Mallet einen kurzen Auszug dieses seines Aufsatzes, um ihn Herrn Dollond mitzutheilen. Dieser kurze Aufsatz überzeugte Dollond'en, daß Newton's Regel unrichtig sey, und daß noch weitere Versuche nöthig wären, die Wahrheit dieser Frage zu erforschen. Er entschloß sich daher, dergleichen Versuche anzustellen. Er t) kittete zwey Glas-

t) An Account of some experiments concerning the different refrangibility of light, by Mr. *John Dollond* in den Philos. Transact. Vol. X. P. II. p. 733.

Glasſcheiben mit parallelen Flächen an ihren Rändern ſo zuſammen, daß daraus ein prismatiſches Gefäß entſtand, wenn die Oeffnungen an den Enden oder Grundflächen verſchloſſen wurden; die Schärfe kehrte er unterwärts, ſtellte in das Gefäß ein gläſernes Prisma mit einer ſeiner Schärfen aufwärts, und füllte den übrigen Raum mit reinem Waſſer an, ſo daß die Brechung durch das Prisma der Brechung durch das Waſſer entgegengeſetzt war, und ein Lichtſtrahl, welcher durch beyde brechende Materien ging, blos durch den Unterſchied beyder Brechungen gebrochen ward. So wie er fand, daß das Waſſer das Licht mehr oder weniger als das Glas brach, ſo verminderte oder vergrößerte er den Winkel der Glasſcheiben, bis daß er beyde Brechungen einander gleich fand: welches geſchah, wenn ein Gegenſtand, durch das gedoppelte Prisma betrachtet, weder ſich zu erhöhen noch zu ſenken ſchien. In dieſem Falle waren die Brechungen ſich gleich, und die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel.

Nun hätte, ſagt er, nach der angenommenen Meynung der Gegenſtand durch dieſes gedoppelte Prisma in ſeiner natürlichen Farbe erſcheinen ſollen; denn wenn der Unterſchied der Brechbarkeit in den beyden gleich großen Brechungen gleich geweſen wäre, ſo würden ſie ſich einander gegenſeitig verbeſſert haben. Aber ſo zeigte dieſer Verſuch die Unrichtigkeit der angenommenen Meynung augenſcheinlich, und bewies, daß die Zerſtreuung des Lichts durch das Glasprisma faſt doppelt ſo groß iſt, als durch das Waſſer; indem der Gegenſtand, ungeachtet er keine Brechung litt, dennoch eben ſo ſehr mit prismatiſchen Farben begränzt ſchien, als wenn er ihn blos durch ein gläſernes Prisma,

ma, mit einem brechenden Winkel von etwa 30 Grad, betrachtet hätte.

Dieser Versuch ist mit dem Newton'schen einerley, ungeachtet der Erfolg so merklich verschieden ist; allein Dollond versichert, alle mögliche Vorsicht gebraucht zu haben, und er behielt seinen Apparat bey sich, um die Wahrheit seiner Behauptung zu beweisen, wenn er dazu aufgefordert werden sollte.

Hiebey sahe er deutlich ein, daß, wenn der brechende Winkel des Wassergefäßes hinreichend groß hätte gemacht werden können, die Farbenzerstreuung sehr vermindert, oder wohl gar ganz gehoben seyn würde, und daß er eine sehr große Brechung ohne Farben würde erhalten haben, so wie er schon eine starke Färbung ohne Brechung erhalten hatte. Aber der Winkel des prismatischen Gefäßes konnte nicht ohne Unbequemlichkeit so groß genommen werden, daß dadurch das Licht eben so stark wie durch das gläserne Prisma, dessen Winkel etwa 60 Grad groß war, zerstreuet worden wäre, und es war daher nothwendig, noch einige Versuche dieser Art mit Prismen von kleinern Winkeln zu machen.

Er schliff sich daher einen Keil von gemeinem Tafelglase, so daß der Winkel desselben etwa neun Grad betrug, stellte diesen, wie vorher, in ein keilförmiges Gefäß mit Wasser, dessen Winkel er so lange vergrößerte, bis die Zerstreuung des Lichts durch das Wasser so groß war, als die durch das Glas; d. i. bis der Gegenstand, ungeachtet er wegen der stärkern Brechung durch das Wasser sehr verrückt schien, dennoch von den Farben, welche die verschiedene Brechbarkeit des Lichts erzeugt, ganz frey blieb. Hiebey war, so

genau, als er es damals messen konnte, die Brechung durchs Wasser etwa $\frac{5}{4}$ von der durchs Glas. Er gesteht freylich, daß er die Maaße nicht sehr genau genommen habe, weil seine Absicht damals nicht sowohl gewesen sey, die Größen genau zu messen, als vielmehr zu zeigen, daß die Zerstreuung der farbigen Strahlen durch verschiedene Materien sich gar nicht wie die Brechung verhalte, und daß es möglich sey, eine Brechung hervorzubringen, ohne daß das Licht im geringsten zerstreuet werde. Ueberdieß bemerkt Dollond noch, daß er Objektivgläser aus zwey Stücken, mit Wasser dazwischen, verfertigt habe. Diese hätten seiner Erwartung gemäß keine Farben verursacht, allein dennoch viel Undeutlichkeit übrig gelassen, die aber, wie er bald eingesehen, von der Kugelgestalt, weil die Halbmesser der Flächen zu klein hätten genommen werden müssen, hergerührt habe.

Da nun alle diese Versuche deutlich zeigten, daß verschiedene Materien das Licht sehr ungleich, in Absicht auf ihre brechende Kraft überhaupt genommen, zerstreuen, so fing Dollond an zu muthmaßen, daß diese Verschiedenheit sich auch an verschiedenen Glas-Arten äußern möchte, besonders weil die Erfahrung schon gelehrt hatte, daß einige Arten sich weit besser zu den bisher gewöhnlichen Objektivgläsern als andere schicken; und weil man diese verschiedene Güte bis dahin nicht hinreichend erklärt hatte, so vermuthete er mit desto größerer Zuversicht, daß die verschiedene Zerstreuung des Lichts bey einerley Brechung sie verursachen müsse.

Das nächste also, was er sich vornahm, war, Prismen von verschiedenem Glase zu schleifen, und sie an einander zu legen, so daß die Brechungen nach verschie-

schiedenen Seiten hin geschehen mußten, um dadurch, wie in den vorigen Versuchen, zu entdecken, ob die Brechung mit der Zerstreuung der farbigen Strahlen zugleich verschwinden würde. Es verging eine geraume Zeit, ehe er sich an die Arbeit machen konnte. Denn ob er sich gleich zu dem Versuche, seiner eigenen Neugierde wegen, entschlossen hatte, so bald er die Zeit dazu gewinnen würde, so dachte er doch nicht, daß der Unterschied hinlänglich groß seyn würde, um durch den Fernröhren große Verbesserungen zu verschaffen, und es verzog sich also bis zum Jahre 1757, ehe er an den Versuch gieng. Da aber zeigten gleich die ersten Proben, daß diese Sache die äußerste Aufmerksamkeit verdiene.

Er fand nämlich bey einigen Glasarten einen solchen Unterschied der Farbenzerstreyung im Verhältnisse gegen ihre brechende Kraft, als er lange nicht gehofft hatte. Die gelbe oder strohfarbige ausländische Gattung, welche gewöhnlich Venetianisches Glas heißt, und das Englische Kronglas, kamen in diesem Stücke ziemlich mit einander überein, obgleich überhaupt das Kronglas das Licht weniger als jenes zu zerstreuen schien. Das gemeine Englische Tafelglas zerstreuete das Licht mehr, und das weiße Krystallglas, oder das Englische Flintglas, unter allen am meisten.

Nun ließ er es sich angelegen seyn, die besondern Eigenschaften jeder Gattung vom Glase, die er habhaft werden konnte, zu erforschen, um die beyden Arten zu finden, in welchen der Unterschied der Brechungen am größten wäre; und er fand bald, daß dieses das Kronglas und das weiße Flintglas waren. Daher schliff er sich ein Prisma von dem weißen Flintglase, mit einem brechenden Winkel von etwa 25

Graden, und ein anderes von Kronglaſe, das etwa 29 Grade hielt, die beyde faſt gleiche Brechungen verurſachten, aber in der Kraft, die Farben zu zerſtreuen, ſehr von einander abwichen. Darauf ſchliff er einige andere von Kronglaſe mit verſchiedenen Winkeln, bis er eins erhielt, das in Abſicht auf die Zerſtreuung des Winkels dem vom weißen Flintglaſe gleich kam. Denn als ſie ſo an einander gelegt wurden, daß ſie das Licht nach entgegengeſetzten Richtungen brachen, war das gebrochene Licht von Farben ganz frey. Als er hierauf die Brechung jedes Prisma's beſonders maaß, fand er, daß die Brechung des vom weißen Glaſe zu der Brechung des vom Kronglaſe ſich beynahe wie 2:3 verhielt; und dieſes Verhältniß blieb bey allen kleinen Winkeln faſt einerley, ſo daß jede zwey andere Prismen, welche nach dieſem Verhältniſſe ausgearbeitet ſind, wenn ſie an einander dergeſtalt gelegt werden, daß ſie das Licht nach entgegengeſetzten Richtungen brechen, gar keine Farben nach der Brechung abſondern.

In einem Briefe an Klingenſtierna, welchen Clairaut n) anführt, bemerkt Dollond, daß das Verhältniß des Einfallsſinus zu dem Sinus der mittleren Brechung am Kronglaſe wie 1:1,53, und am Flintglaſe wie 1:1,583 ſey.

Dieſe Erfahrungen ſuchte Dollond ſogleich zur Verbeſſerung der Fernröhre zu benutzen. Er fieng an, Objektivgläſer aus dieſen beyden Glasarten zu verfertigen, in der Hoffnung, es werde ſich auch mit Linſengläſern das Licht farbenlos machen laſſen. Er war hierin auch wirklich glücklich durch Hülfe folgender Bemerkungen. Damit die beyden Gläſer das Licht nach entgegengeſetzten Seiten brechen mögen, müſſe das

n) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1757.

das eine ein Hohlglas, das andere ein erhabenes seyn; und weil die Strahlen wirklich in einem Vereinigungspunkte zusammen kommen sollen, so müsse das erhabene Linsenglas offenbar eine stärkere Brechung geben; darum müsse dieses Glas, wie aus seinem Versuche erhelle, von Kronglase, und das Hohlglas von Flintglase gemacht werden. Ferner, da die Brechungen sphärischer Gläser sich umgekehrt wie ihre Brennweiten verhalten, so müssen die Brennweiten der beyden Gläser sich umgekehrt wie die Brechungen der Prismen verhalten, weil auf solche Art jeder Lichtstrahl, der durch das zusammengesetzte Glas geht, in welcher Entfernung von der Axe es auch seyn möge, immer durch den Unterschied zweyer Brechungen in dem gehörigen Maaße werde gebrochen, und die verschiedene Brechbarkeit des Lichts ganz unschädlich werde gemacht werden.

Unerachtet dieser sichern aus der Theorie und Erfahrung hergenommenen Gründe fand er doch bey der Ausführung selbst anfänglich noch verschiedene Schwierigkeiten, bis er endlich durch anhaltende Geduld und Geschicklichkeit seinen Zweck erreichte.

Eine der ersten Schwierigkeiten war, daß wegen der kleinen Durchmesser der Kugelflächen große Abweichungen von der Kugelgestalt entstanden, welche die Deutlichkeit des Bildes sehr verdarben. Da er aber überlegte, daß die Flächen der kugelförmigen Gläser unzählige Veränderungen leiden können, ohne daß die gemeinschaftliche Brennweite dadurch verändert wird, und man es auf solche Art in seiner Gewalt hat, die Abweichung wegen der Figur zu vermehren und zu vermindern, so sahe er die Möglichkeit ein, die von der Kugelgestalt herrührenden Abweichungen

zweyer Linſengläſer gleich zu machen, und folglich bey einem hohlen und erhabenen Glaſe, wo die Strahlenbrechungen einander entgegengeſetzt ſind, es dahin zu bringen, daß ſolche einander aufheben. Eine andere Schwierigkeit war dieſe: die Brennweiten ſowohl als die einzelnen Flächen der Gläſer müſſen ſehr genau nach den Dichtigkeiten oder brechenden Kräften der Glasarten eingerichtet werden. Dieſe aber ſind bey derſelben Glasart, wenn es zu verſchiedenen Zeiten gemacht iſt, nicht ganz einerley. Drittens, die Mittelpunkte der beyden Gläſer müſſen genau in die gemeinſchaftliche Axe des Fernrohres gebracht werden, ſonſt wird die geſuchte Wirkung großentheils vernichtet werden. Hiezu kommt noch, daß vier Flächen da ſind, die genau kugelförmig geſchliffen werden müſſen; wie ſehr genau man alſo bey der ganzen Arbeit zu verfahren habe, ſagt er, wird jeder, der nur einige Uebung in dieſem Geſchäfte hat, leicht einſehen. Endlich aber fand er ſich durch vielfältige Verſuche und durch unverdroſſene Standhaftigkeit im Stande, dioptriſche Fernröhre mit ſo großen Oeffnungen und Vergrößerungen bey geringer Länge zu verfertigen, daß ſie nach dem Urtheile der beſten Kenner alles, was man bisher geleiſtet hatte, weit übertrafen, da ſie die Gegenſtände ſehr deutlich, und mit ihren wahren Farben darſtellten.

Man machte Dollonden den Einwurf, daß die geringe Zerſtreuung der Strahlen durch das Kronglas nur ſcheinbar ſey, indem ſie von der geringern Durchſichtigkeit dieſer Glasart herrühre, als welche die ſchwächer gefärbten Strahlen nicht in hinlänglicher Menge durchlaſſe. Dieſen Einwurf hat Beguelin [x]) insbeſondere unterſucht und widerlegt.

Dol-

x) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1762. p. 74. ſqq.

Dollond's Entdeckung machte unter den Künstlern und Naturforschern viel Aufsehen. Da er aber die Verhältnisse, nach welchen diese Gläser eingerichtet werden mußten, nicht bekannt gemacht hatte, so unternahm es Clairaut, welcher sich schon vom Anfange des Streits sehr mit der Sache beschäftigt hatte, eine vollständige Theorie davon auszuarbeiten y).

Ohne Hülfe einer solchen Theorie, sagt er, ist es nicht möglich, Fernröhre von gleicher Güte mit den Dollond'schen zu verfertigen, man müßte sie denn blindlings nachmachen, welches aber aus mehreren Ursachen nicht wohl gerathen könne. Außerdem gebe Dollond seine Maaße nur beyläufig an, da es doch nöthig sey, sie ganz genau zu wissen. Ferner bemerkt Clairaut, daß die besten Dollond'schen Fernröhre den Newton'schen Teleskopen noch lange nicht beikämen, da man doch erwarten könnte, daß sie dieselben übertreffen müßten, wenn die ungleichartigen Strahlen nach der Brechung durchs Glas so genau, wie nach der Zurückwerfung vom Spiegel, in einen Punkt vereinigt werden könnten, weil in dem letzten Falle mehr Licht, als in dem erstern, verloren gehe.

Um also den Künstlern zu Hülfe zu kommen, suchte er sowohl die Brechungs- als Zerstreuungskraft verschiedener Glasarten zu bestimmen. Zu diesem Behuf nahm er zwey Prismen, welche er, wie Dollond, hart an einander legte, aber anstatt durch sie zu sehen, legte er sie in ein verfinstertes Zimmer; und wenn das Bild der Sonne, das durch sie fiel, vollkommen weiß war, so schloß er daraus, daß die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen sich gegen einander gehoben habe.

Die

y) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1756.

Die Winkel, welche die Prismen haben müſſen, wenn ſie die Farben heben ſollen, bequemer zu beſtimmen, verfertigte er eins, deſſen eine Seitenfläche cylindriſch und einige Grade weit war. Auf ſolche Art hatte er, ohne ſeine Prismen ändern zu dürfen, eine unendliche Menge Winkel zur Auswahl, unter welchen er, wenn er den Punkt der krummen Oberfläche bemerkte, auf welchen die Strahlen fielen, wenn das Sonnenbild weiß war, den wahren Winkel leicht beſtimmen konnte.

Auch beſtimmte er das Verhältniß, nach welchem verſchiedene Glasarten die Sonnenſtrahlen zerſtreuen, indem er, mit gehöriger Vorſicht, das länglichte Bild der Sonne maaß, welches ſie hervorbrachten. Bey dieſem Verſuche ergab ſich augenſcheinlich, daß das engliſche Flintglas nicht allein eine ſtärkere mittlere Brechung, ſondern auch eine größere Zerſtreuung des Lichts verurſachte, als es das gemeine franzöſiſche Glas that. Denn da er ſich von beyden Arten zwey Prismen, die ſonſt völlig einerley waren, hatte machen laſſen, und auf jedes zu gleicher Zeit, einen Sonnenſtrahl mit derſelben Neigung fallen ließ, ſo ſahe er, daß unter den beyden Bildern dasjenige, welches von dem engliſchen Flintglaſe herrührte, ein wenig höher an der Wand ſtand, und mehr als um die Hälfte länger war.

Zu dieſen Verſuchen hatte Clairaut an de Tournieres einen Gehülfen, und ſie kamen in den Reſultaten mit Dollond im Ganzen überein, nur daß dieſer das Verhältniß der Zerſtreuung im Glaſe zu der im Waſſer wie 5 zu 4 angegeben hatte, dahingegen jene beyden, welche mehr Mühe und Vorſicht anwendeten, dieß Verhältniß wie 3:2 fanden. Uebrigens

geins leitete Clairaut seine Theorie aus der krummen Linie her, welche das Licht bey der Brechung, nach der Voraussetzung der Anziehung beschreibt. Nach dieser Theorie hängt das Brechungsverhältniß von der Geschwindigkeit der Strahlen ab.

D'Alembert [z]), dessen Arbeiten den Verfertigern achromatischer Fernröhre alle Anleitung, die man von der Rechnung erwarten kann, gegeben zu haben scheinen, unternahm nach Clairaut diese Untersuchungen von neuem. Auch trägt dieser große Mathematiker eine Menge neuer Einrichtungen von Fernröhren vor, deren Vortheile und Unbequemlichkeiten er umständlich aus einander setzt. Dabey giebt er auch eine Methode an, die Fehler, welchen sie ausgesetzt sind, zu verbessern; zum Beyspiel dadurch, daß die Objektivgläser in einigen Fällen ein wenig von einander gerückt werden, oder daß man bisweilen Augengläser von verschiedenen Brechungskräften gebraucht; ein Mittel, worauf vor ihm niemand verfallen zu seyn scheint. Auch zeigt er, wie man ein sehr gutes Fernrohr mit einem einfachen Objektivglase, aber mit einem Augenglase von einer andern Brechungskraft, verfertigen könne. Einige der von ihm vorgeschlagenen Fernröhre haben zwey oder mehr Augengläser von verschiedenen Gattungen Glases. Am Ende der zweyten Abhandlung sagt er, daß er nicht zweifle, es würden durch die von ihm vorgeschlagenen Methoden die achromatischen Fernröhre zu einem bisher noch nicht bekannten, und sogar nicht zu vermuthenden Grade der Vollkommenheit gebracht werden können; und wenn gleich das Kronglas, wegen seiner grünlichten Farbe, einen Theil

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1764. 1765. 1767.

Theil der rothen oder violetten Strahlen verſchlucken möchte, ſo könne man doch gegen das gewöhnliche franzöſiſche Glas, welches weiß iſt, dieſe Einwendung nicht machen, welches daher den Vorzug vor dem engliſchen Kronglaſe verdiene.

Auch bemerkt er, daß aus ſeinen Rechnungen manche Tafeln hergeleitet werden könnten, die denen, welche ſich mit Verfertigung achromatiſcher Fernröhre beſchäftigen, ſehr nützlich ſeyn würden; woraus folglich der Optik, Aſtronomie und Schiffahrt vielfältiger Nutzen erwachſen müßte.

Unerachtet aller dieſer Bemühungen, durch welche die Herrn Clairaut und d'Alembert dieſen Gegenſtand erſchöpft zu haben ſchienen, war es den Künſtlern doch nicht möglich, nur den geringſten Gebrauch davon zu machen, indem ſie der Erfahrung ganz entgegen waren. Denn die in England verfertigten achromatiſchen Fernröhre blieben immer weit beſſer, als alle, welche man auswärtig, ſelbſt unter unmittelbarer Aufſicht dieſer geſchickten Mathematiker, zu Stande bringen konnte. Beguelin [a]) giebt hievon verſchiedene Urſachen an. Unter andern meint er, daß ihre geometriſchen Sätze zu allgemein, und ihre Rechnungen zu verwickelt ſind, als daß ſie der Künſtler gebrauchen könnte. Auch glaubt er, daß die kleinen Größen, welche, die Formeln einfacher zu machen, aus der Rechnung weggelaſſen werden, einen merklichen Einfluß haben mögen, wenn die Fernröhre lang ſind, und lange Oeffnungen haben. Endlich, ſagt er, kann eine mangelhafte Beſtimmung der Brechungsverhält-

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſciene. de Berlin 1762. p. 343. ſuiv.

hältnisse und der Zerstreuung des Lichts nicht allein die Genauigkeit der aus der Theorie hergeleiteten Formeln unnütz machen, sondern mehr Schaden stiften, als man vermeiden wollte.

Durch diese Bemerkung wurde er veranlaßt, diese Sache von einer andern Seite zu betrachten; allein er konnte noch immer nicht mit seinen eigenen Schlüssen den wirklichen Effekt der Dollond'schen Fernröhre zusammen reimen, so daß er meinte, er müsse entweder nicht die wahre Größe der Brechung und Zerstreuung für die beiden Glasarten in der Rechnung gebraucht haben, oder die Abweichung, welche noch übrig bleibe, müsse durch eine Ungleichheit der Flächen der Linsengläser gehoben worden seyn. Uebrigens zeigt er einige in den Rechnungen der Herrn d'Alembert und Clairaut eingeschlichenen Fehler an, und beschließt mit der Anzeige seines Vorhabens, die Sache weiter zu untersuchen.

Auch Herr Klingenstierna [b]), welcher sich freuet, durch seine Bemerkungen über Newton zu den Dollond'schen Entdeckungen Veranlassung gegeben zu haben, hat ähnliche Berechnungen, wie Clairaut, zum Gebrauche bey Verfertigung der Fernröhre angestellt.

Euler [c]), welcher diese so glücklich ausgefallene Untersuchung zuerst veranlaßt hatte, hielt sich auf der einen Seite durch seine Schlüsse und Rechnungen überzeugt, daß Dollond keine neuen Grundsätze in der Optik entdeckt hätte, und auf der andern Seite konnte

er

b) Abhandl. der schwed. Akad. der Wissenschaft. B. XXII. S. 75 f.

c) Mém. de l'Acad. de Berlin. an. 1762. p. 245. suiv.

er doch die Güte der Dollond'ſchen Fernröhre nicht in Zweifel ziehen. Deßwegen erklärt er die außerordentliche Wirkung derſelben theils daher, daß das Kronglas nicht alles rothe Licht durchlaſſe, welches ſonſt einen andern Vereinigungspunkt gehabt und das Bild verdorben haben würde; hauptſächlich aber daher, daß Dollond genau die gehörige Krümmung ſeiner Gläſer getroffen hätte, weßwegen er nicht zweifelt, daß er dieſelbe Wirkung würde haben erreichen können, wenn er auch ſeine Gläſer alle von einerley Glasart genommen hätte. Sonſt glaubt er auch noch, daß die Güte der Dollond'ſchen Fernröhre dem Okularglaſe mit zuzuſchreiben ſey. Iſt meine Theorie richtig, ſagt er, ſo folgt, das Dollond's Objektivgläſer von der Farbenzerſtreuung nicht frey ſind, wie es doch Short ausdrücklich bezeugt. Ein ſo feierliches Zeugniß in Zweifel zu ziehen, fällt mir ſo ſchwer, als eine Theorie aufzugeben, die mir ſo gut gegründet zu ſeyn ſcheint, und dafür eine Meynung anzunehmen, die allen bewieſenen Geſetzen der Natur ſo ſehr entgegen, als wunderbar und widerſinnig iſt. Er beruft ſich auf Verſuche, die in einem verfinſterten Zimmer angeſtellt werden ſollten, wodurch, wie er gewiß glaubt, erhellen werde, daß die Dollond'ſchen Objektivgläſer den Fehlern von der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen ſo gut, wie die gewöhnlichen unterworfen ſeyen. — Dieß iſt ein Beyſpiel, wie wenig man ſich auf die ſchärfſten mathematiſchen Rechnungen verlaſſen könne, wenn dabey Vorausſetzungen zum Grunde liegen, welche aus keinen richtigen Erfahrungen gezogen worden ſind. Seine mathematiſche Theorie war gar nicht an und für ſich in Zweifel zu ziehen, allein ſie widerſprach den klaren Erfahrungen deutlich, und gab daher einen Beweis ab, daß die ſogenannte farbenzerſtreuende Kraft

eines

eines Mittels keinesweges mit der Brechkraft im Verhältnisse stehe, daß folglich jene in einem Mittel geringer seyn kann, obgleich die Brechkraft desselben größer ist. —

Da nun Euler nicht zweifeln konnte, daß Dollond, entweder zufälliger Weise oder auf eine andere Art, durch seine Zusammensetzung der Gläser den Fernröhren eine wichtige Verbesserung verschaft hätte, so ließ er seinen ersten Entwurf, zwey Mittel von verschiedener Brechbarkeit zu gebrauchen, fahren, und wandte seine Gedanken bloß auf die Verbesserung der Abweichungen, welche von der Kugelgestalt der Gläser abhangen. Inzwischen nahm es ihm Wunder, daß Dollond durch Schlüsse, welche der Natur der Dinge ganz zuwider wären, auf eine so wichtige Entdeckung gekommen seyn sollte.

Endlich aber ward Euler von der Richtigkeit der Dollond'schen Entdeckungen überzeugt, und gestand offenherzig, daß er sich vielleicht nie davon hätte überführen lassen, wenn nicht Clairaut ihm versichert hätte, daß die Dollondschen Erfahrungen völlig zuverlässig wären. Die Versuche des Herrn Johann Ernst Zeiher [d]), nachmaligem Professor der Mathematik zu Wittenberg, vollendeten endlich seine Ueberzeugung. Dieser hatte nämlich gezeigt, daß das Bley, welches man zu einigen Glasarten nimmt, diejenige Materie ist, welche dem Glase die besondere Eigenschaft giebt, daß die Brechung der äußern Strahlen sehr verschieden ist, ohne daß sich die Brechung der mittleren merklich ändert. Durch mehreren Zusatz von Bley brachte er eine Glasart hervor, welche die Strahlen

d) Mém. de Berlin 1763. p. 119.

len weit stärker, als das Flintglas, zerstreuete. So sahe sich Euler genöthigt, seinem bisherigen Grundsatze, daß die Zerstreuung der Strahlen von der Brechung der mittleren abhangen müsse, zu entsagen, und einzugestehen, daß jene hauptsächlich auf die Beschaffenheit des Glases ankomme, und diese davon fast unabhängig ist.

Aus diesen Grundsätzen leitete Euler Formeln für die Zusammensetzung der Gläser her, und giebt, wie Clairaut und d'Alembert, Regeln zur Verfertigung der achromatischen Fernröhre. Während dieser seiner Beschäftigung erhielt er einen Brief von Zeiher dat. den 30 Jan. 1764., darin dieser ihm von dem Erfolge seiner Versuche umständliche Nachricht ertheilte, daß er nämlich durch die Vermischung von Mennige und Kiesel in verschiedenen Verhältnissen sechserley Arten Glas hervorgebracht habe, deren mittlere Brechungs- und Zerstreuungskraft in folgender Tafel angegeben sind:

Verhältnisse der Mennige und Kiesel	Mittlere Brechung aus Luft in Glas	Zerstreuungsverhältniß in Vergleichung mit gemeinem Glase
I. - - - 3 : 1	2028 : 1000	4800 : 1000
II. - - 2 : 1	1830 : 1000	3550 : 1000
III. - - 1 : 1	1787 : 1000	3259 : 1000
IV. - - $\frac{3}{4}$: 1	1732 : 1000	2207 : 1000
V. - - $\frac{1}{2}$: 1	1724 : 1000	1800 : 1000
VI. - - $\frac{1}{4}$: 1	1664 : 1000	1354 : 1000

Aus dieser Tafel sieht man, daß eine größere Menge Bley nicht allein eine größere Zerstreuung der Strahlen verursacht, sondern auch die mittlere Brechung vergrößert. Die erste dieser Glasgattungen, welche dreymal so viel Mennige als Kiesel enthält, ist sehr merkwürdig, weil man sonst keine durchsichtige

Mate-

Materie gekannt hat, welche das Licht stärker, als in dem Verhältnisse von 1:2 bräche, und weil die Zerstreuung der Strahlen durch dieses Glas fast fünfmal größer ist, als durch das Kronglas: ein Umstand, der denen unglaublich vorkommen mußte, welche gezweifelt hatten, ob das Flintglas eine nur anderthalbmal größere Zerstreuung, als das Kronglas, hervorbringen könnte.

Euler e) giebt aber von noch einer andern nicht weniger merkwürdigen Entdeckung eben des Zeihers Nachricht, die alle seine Entwürfe zur Erklärung dieser Erscheinungen zernichtete. Weil die obigen sechs Glasarten bloß aus Mennige und Kiesel zusammengesetzt waren, so kam Zeiher auf den Gedanken, noch alkalische Salze dazu zu setzen, und dem Glase mehrere Dichtigkeit zum bessern Gebrauche in der Dioptrik zu geben. Er wunderte sich aber nicht wenig, als er fand, daß diese Mischung die mittlere Brechung sehr verminderte, ohne die Zerstreuung fast im geringsten zu ändern. Nach vielen Versuchen erhielt er endlich eine Gattung Glas, welche das Dollond'sche Flintglas, in Absicht des Gebrauchs zu Fernröhren, weit übertrifft, weil sie das Licht dreymal so sehr, als das gemeine Glas zerstreuet, und doch das Verhältniß der mittleren Brechung nur das von 1,61 zu 1 ist.

In einem andern Aufsatze ertheilt Euler Vorschriften, wie sowohl die mittleren, als äußern Brechungen verschiedener Glasarten zu finden sind, und giebt den Rath, Prismen mit großen brechenden Winkeln, gegen 70 Grade, zu nehmen.

Aus

e) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Berlin 1776. p. 150.

Aus Eulers vielen Abhandlungen über dieſen Gegenſtand entſtand endlich das vorzüglich wichtige Werk, welches der Optik eine ganz andere Geſtalt gegeben hat, nämlich die in lateiniſcher Sprache in den Jahren 1769 — 1771 zu Petersburg in drey Bänden herausgegebene Dioptrik, welches aber beynahe nur denen brauchbar iſt, die die Mathematik zu ihrem Hauptgeſchäfte machen. Die vornehmſten Reſultate dieſes Werks hat Klügel auf einem kürzern Wege geſucht, und ſie in ſeiner analytiſchen Dioptrik vorgetragen, wodurch angehenden Mathematikern die Bemühung, die neuere Dioptrik zu erlernen, gar ſehr erleichtert worden iſt. Auch Fuß in Petersburg hat aus Eulers Dioptrik zum Gebrauch der Künſtler einen kleinen Auszug von Vorſchlägen zu achromatiſchen Fernröhren in franzöſiſcher Sprache herausgegeben, welcher von Klügel f) ins Deutſche überſetzt worden iſt.

Im Jahr 1758. ertheilte Dollond dem Fernrohre noch eine Verbeſſerung, indem er zwey Objektivgläſer von Kronglas und eins von Flintglas mit einander verband. Sein Sohn, Peter Dollond, hat nachher die dreyfachen Objektivgläſer in noch größerer Vollkommenheit verfertigt.

Ueberhaupt ſind die achromatiſchen Fernröhre ſeit ihrer Erfindung jederzeit von engliſchen Künſtlern in großer Vollkommenheit verfertigt worden, ob ſie ſich gleich bey der Ausarbeitung derſelben mehr auf Verſuche, als auf die Anwendung der von Clairaut,

f) Umſtändliche Anweiſung, wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfertigen ſind. Leipz. 1778. 4.

raut, d'Alembert und Euler berechneten Formeln verlassen haben. Bernoulli[g]) meldet, glaubwürdige Personen hätten ihm versichert, daß der jüngere Dollond eine große Menge Linsengläser von beyderley Arten Glase auf geradewohl schleife, und damit verschiedene Proben anstelle, bis er endlich eine Zusammensetzung finde, die im dunkeln Zimmer ein scharf begrenztes farbenloses Bild gebe; Dollond habe ihm auch selbst gesagt, daß er fast alles durch praktische Vortheile und durchs Probiren ausrichte. Denn die beträchtlichen Abweichungen der Güte der Glasmassen verstatteten nicht, die Theorie jederzeit richtig zu gebrauchen. In den englischen Glashütten pflege man das Glas in hohle Cylinder zu rollen, aus welchen sich die dasigen Künstler die besten aussuchen könnten; nachher schmelze man die übrigen Cylinder in ganze Massen mit unebenen Oberflächen zusammen, an welchen man gar nicht wahrnehmen könne, ob das Glas Blasen oder Streifen habe, oder nicht. Andere Künstler könnten das Glas fast nie anders, als in der letzten Gestalt erhalten, und bekämen es daher mehrentheils schlecht.

Der Duc de Chaulnes[h]) hat verschiedene Methoden angegeben, die Größe der Farbenzerstreuung zu bestimmen. Er befestigte in der Oefnung eines finstern Zimmers Stücke des besten rothen und blauen Glases, welches er erhalten konnte, worüber Haare ins Kreuz gewickelt waren, und maaß darauf aufs genaueste die Entfernung der Vereinigungspunkte der Strah-

g) Lettres astronomiques. Berlin 1771. 8. lettre 5.

h) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1767.

Strahlen, die er mit einem Linſenglaſe auffing, deſſen Entfernung von der Oeffnung er kannte, und deſſen mittlere Brennweite er aufs genaueſte vorher beſtimmt hatte. Auf dieſe Art verglich er das Glas von St. Gobin mit dem engliſchen Flintglaſe, und fand, daß die Vereinigungsweite der rothen Strahlen für das Flintglas ein Fuß $6,6\frac{3}{16}$ Zoll, und der blauen Strahlen ein Fuß $6,3\frac{3}{16}$ Zoll betrug; dagegen die Vereinigungsweite der rothen Strahlen für das Glas von St. Gobin ein Fuß $8,2\frac{7}{16}$, und der blauen ein Fuß $8,0\frac{10}{16}$ Zoll groß war. Die Vereinigungsweite der weißen Strahlen war für jenes Glas ein Fuß $6,4\frac{15}{16}$ Zoll, und für dieſes ein Fuß $8,2\frac{3}{16}$ Zoll, ſo daß die Zerſtreuung für jenes ſich zu der für dieſes verhielt wie 3 zu $1\frac{13}{16}$.

Auch erfand der Düc de Chaulnes Methoden, die Größe der Krümmung, welche Gläſer, die zu achromatiſchen Fernröhren gebraucht werden ſollen, haben müſſen, und die Entfernungen, in welche man ſie ſtellen muß, genau zu meſſen. Desgleichen gab er ſich viele Mühe, an allen Werkzeugen, die er gebrauchte, Mikrometer anzubringen.

Der P. Boscowich [1]) beſchreibt ferner unter dem Nahmen eines Vitrometers ein Werkzeug, die Brechungs- und Zerſtreuungskraft jeder Gattung Glaſes zu beſtimmen. Es iſt ein halb prismatiſches Gefäß mit einem veränderlichen brechenden Winkel, welches mit Waſſer angefüllt wird, und in welches ein Prisma von derjenigen Glasart, die man unterſuchen will, gelegt wird. Aus dem Winkel des erſtern Prisma, wenn der Gegenſtand durch beyde ohne Farben

1) Diſſertat. quinque ad dioptricam pertinentes. Vien. 1767. 4. diſſ. prima.

ben gesehen wird, wird auf die Brechungs- und Zerstreuungskraft des Glases geschlossen.

Farben, und hieher gehörige Beobachtungen.

Das Wesen der Farben erklärt Euler [k]) nach seiner Theorie auf folgende Art: Die Farben entstehen nämlich aus der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher die Schwingungen des Aethers auf einander folgen. Aus seiner Hypothese über die Ursache der Brechung leitet er den Satz her, daß diejenigen Strahlen, in welchen die Pulsus schneller auf einander folgen, weniger brechbar seyn müssen, als diejenigen, worin sich die Schläge langsamer succediren, daher er denn dem rothen Lichte die größte, dem violetten die geringste Geschwindigkeit der Schläge zuschreibt. In einer andern Schrift [l]) aber erinnert er, daß man die Sache auch umgekehrt erklären könne, und daß die rothen Strahlen wahrscheinlich durch eine kleinere Anzahl von Schwingungen hervorgebracht würden, als die violetten. — Es ist in der That kein gutes Symptom einer Hypothese, einerley Erscheinung auf zweyerley ganz entgegengesetzte Arten zu erklären. —

Nach Eulern besteht das Zusammengesetzte des Sonnenlichts nicht in der Mischung mehrerer gefärbten Strahlen, sondern darin, daß die Pulsus desselben nicht alle in gleichen Zeiträumen, sondern manche schneller, manche langsamer auf einander folgen. Die geschwin-

k) Theoria lucis et colorum in Opuſ. varii argum. Berol. 1746. 4.

l) Eſſai d'une explication phyſique des couleurs engendrées ſur des ſurfaces extrêmement minces in den Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin an. 1752.

schwinden folgenden werden nun weniger, als die übrigen, gebrochen, und so entstehen durch das Brechen aus Einem Strahle mehrere. Leuchtende Körper zeigen eine gewisse Farbe, wenn ihre zitternden Theile dem Aether Schläge von gewissen Geschwindigkeiten eindrucken. Ist die Bewegung nicht heftig, und folgen sich also die Schläge langsam, so entstehen blaue Farben, wie bey der Flamme des Weingeistes; heftigere und schnellere Schwingungen erzeugen gelbe und rothe Farben. Daher auch die Flamme eines Lichts unten blau, in der Mitte gelb, und oben roth ist.

Dunkele Körper sehen roth aus, wenn die meisten Theile auf ihrer Oberfläche die Spannung haben, daß sie dem Aether diejenige Geschwindigkeit eindrucken, welche der rothen Farbe zugehört u. s. f. Weiß ist ein Körper, wenn er dem Aether Schläge mit allerley proportionirlichen Geschwindigkeiten mittheilt; schwarz, wenn er ihm gar keine eindruckt. Ueberhaupt ist nach Eulern das Licht, wodurch ein farbiger Körper sichtbar wird, nicht mehr ein Theil desjenigen Lichts, das ihn erleuchtet, sondern es besteht aus neuen auf der Oberfläche des Körpers erst erregten Schwingungen. Zinnober sieht roth aus, nicht weil er einen Theil der Schwingungen des Sonnenlichts zurücksendet, sondern weil die Schläge des Sonnenlichts seine Oberfläche in Bewegung setzen, die in dem Aether hinwiederum neue Schläge mit der zur rothen Farbe erforderlichen Geschwindigkeit hervorbringt. Zurückwerfende und durchsichtige Körper hingegen pflanzen die Schwingungen des auffallenden Lichts selbst fort.

Diese Euler'sche Theorie macht aus den Farben für das Auge das, was die Töne für das Ohr sind, Vibrationen eines elastischen Mittels, die sich mit

mit gewissen Geschwindigkeiten folgen, wobey Violet der tiefere, Roth der höhere Ton, Weiß ein Gemisch von allen Tönen, gleichsam ein Schall ohne bestimmten Ton ist. Dieses ganze System, welches das Licht dem Schalle ähnlich macht, ist in Eulers Briefen an eine deutsche Prinzessinn (Th. I. Brief 17 f.) über verschiedene Gegenstände der Physik und Philosophie sehr faßlich vorgetragen.

Melville m) sucht diese Theorie des Herrn Euler so zu widerlegen, daß es keine Erscheinungen gäbe, die sie bewiesen oder nothwendig machten, da hingegen Newton's Theorie nicht allein die Erscheinungen erkläre, sondern auch aus einer Menge von Versuchen geradezu hergeleitet werde. Nach der Euler'schen Hypothese müßte ein Körper von einer gewissen Farbe, der in das gleichartige Licht einer andern gehalten wird, nicht die Farbe dieses Lichts, sondern eine andere, zwischen diese und seine eigene natürliche Farbe fallende, annehmen, welches aber der Erfahrung entgegen ist.

Das vornehmste, oder vielmehr einzige Ereigniß, welches Eulern zu dieser Meynung geleitet haben könne, sey, daß es vielfarbige Körper gebe, als Metalle, die sich sehr glatt poliren lassen und daher die Bilder anderer Körper sehr ordentlich zurückzusenden im Stande wären, dabey aber ihre eigene Farbe behielten, welche man in jeder Lage zu sehen im Stande sey. Dasjenige Licht, vermittelst dessen man die Bilder der Gegenstände in ihnen erblicke, sey ganz richtig das auffallende und gehörig zurück geworfene Licht; aber das andere soll von den die Farbe verursachen-

m) Edinburgh essays. Vol. II. p. 38.

sachenden Theilen des Körpers herrühren. Allein warum ist es nöthig, sagt Malville, zu einer solchen Voraussetzung seine Zuflucht zu nehmen, da man zuerst weiß, daß die Bestandtheile aller undurchsichtigen Körper durchsichtig sind, daß an jedem durchsichtigen Körper sich eine doppelte Zurückstrahlung ereignet, eine an der Vorderfläche, und eine von dem durchgegangenen Lichte an der Hinterfläche; da man ferner weiß, daß sehr dünne Körper, als Seifenblasen, oder Luft zwischen zwey Linsengläsern, an der Vorderfläche alle Arten von Farben, und an der Hinterfläche nur gewisse Arten zurückwerfen? Führen uns diese Ereignisse, frägt er, nicht natürlicher Weise auf die Vermuthung, daß die erste Art des Lichts bloß ein Theil des auffallenden, und von der Vorderfläche zurückgesendeten Lichts, die zweyte Art aber ein Theil des durchgegangenen und von der hintern Seite der Theilchen auf die Oberfläche des Spiegels zurückgesendeten Lichts sey?

Newton hatte wahrgenommen, daß die Verhältnisse der Brechung bey den Farben den Verhältnissen der musikalischen Töne in der Oktave ähnlich sind. In dieser Aehnlichkeit glaubte der P. Castel, sonst ein eifriger Gegner Newton's, einen Grund zu einer Farbenmusik zu finden. Im Jahr 1725 gab er unter dem Titel: clavécin oculaire, eine Schrift heraus, in welcher er dieses System mit vielem Witze und einer feurigen Einbildungskraft ausschmückt, und in den Farben harte und weiche Tonarten, Consonanzen und Dissonanzen, Melodie und Harmonie, diatonisches, chromatisches und enharmonisches Geschlecht finden will. Selbst Krüger[a]) hat einige Ideen von

a) Hamburgisches Magazin. B. I. St. 4.

von einem Farbenclaviere, vielleicht mehr im Scherze als im Ernste, angegeben.

Allein der Herr von Mairan o) hat überzeugend dargethan, daß dieser Gedanke des P. Castel ein bloßes Spiel der Phantasie sey und bleiben werde. Er zeigt eine zahlreiche Menge von wesentlichen Verschiedenheiten zwischen Farben und Tönen, in Absicht auf die Empfindungen, welche sie in uns erregen, und beschließt diese Vergleichung mit den Worten: die Aehnlichkeit des Lichts und des Schalles, und ihrer Modificationen, kömmt am Ende bloß auf gewisse äußerliche physikalische und mathematische Verhältnisse hinaus, die eine höchst entfernte Beziehung auf ihre in die Sinne fallenden Eigenschaften haben. In der That haben auch die Mahlerey und Musik von jeher ganz verschiedene Mittel angewandt, uns zu vergnügen; jene die contrastirenden Ruhestellen und das Nebeneinanderlegen der Farben, diese die beständige langsamer oder geschwinder fortschreitende Folge der Töne und Accorde.

Ueber die Analogie der Farben mit den Tönen hat auch Hartley p) einige Gedanken mitgetheilt. Er suchte hieraus die Hypothese zu erweisen, daß die äußersten rothen Strahlen auf der Netzhaut Schwingungen erregen, die sich zu den von den äußersten violetten erregten Schwingungen, in Rücksicht der Menge, verhalten wie 1:2; und daß der Ueberschuß der Schwingungen, welche jede andere Art von Strahlen, von den rothen bis zu den violetten gerechnet, mehr als die äußersten rothen erregt, sich wie die Entfernung ihrer Farbe von dem Roth verhält.

Nimmt

o) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1737.
p) Observat. of Man. Vol. I. p. 193. 196.

Nimmt man dieß an, ſagt er, ſo werden die Schwingungen, welche von dem äußerſten Roth, der Gränze von Roth und Orange, von Orange und Gelb, von Gelb und Grün, von Grün und Blau, von Blau und Indigo, von Indigo und Violet, und von dem äußerſten Violet erregt werden, der Newtonianiſchen Beſtimmung dieſer Farben zu Folge, ſich der Anzahl nach verhalten, wie die acht Zahlen 100, 112½, 120, 133⅓, 150, 166⅔, 177⅞ und 200, ſo daß die Entfernungen dieſer Grenzen und des äußerſten Violet von dem äußerſten Roth durch die ſieben Zahlen 12½, 20, 33⅓, 50, 66⅔, 77⅞ und 100 ausgedruckt werden.

Unter andern Folgerungen, welche er aus dieſer Hypotheſe zieht, bemerkt er auch dieß. Die grünen verhalten ſich auf der einen Seite zu den gelben wie 9 zu 8, und auf der andern zu den blauen wie 9 zu 10; d. i. nach dem Maaße eines ganzen Tons; ferner zu den rothen wie 4:3, zu den violetten wie 3 zu 4, d. i. nach dem Maaße der Quarte; weiter verhalten ſich die gelben zu den rothen wie 6 zu 5, d. i. wie die kleine Terz; zu den blauen, wie 4 zu 5, d. i. wie die große Terz; zu den violetten wie 2 zu 3, d. i. wie die Quinte; desgleichen die blauen zu den violetten wie 5 zu 6, d. i. wie die kleine Terz; und zu den rothen wie 3 zu 2, d. i. wie die Quinte; endlich die rothen zu den violetten wie 9 zu 16, d. i. wie die kleine Septime. Es möge alſo wohl der Unterſchied der hier ausgedruckten Schwingungen den Grund enthalten, daß die Seele die hier angeführten fünf Farben deutlich von einander unterſcheidet, aus eben den Urſachen, die, welche ſie auch ſeyn mögen, bey den Tönen ſtatt finden. Denn die natürlichen Körper werfen alle dieſe Farben in großer

Men-

Menge, und in hinlänglicher Reinigkeit, so viel hier nöthig ist, zurück. Wir fangen vermuthlich vom Grünen, als der gemeinsten Farbe an. Wenn diese Farbe, so wie sie z. E. das Gras hat, dem Auge eines Kindes vollkommen bekannt geworden ist, so mag es denn wohl anfangen, gelb und blau davon zu unterscheiden, noch mehr aber roth und violet, so wie diese Farben an Blumen sich zeigen, und es wird auch diese selbst von einander unterscheiden. Das Grüne scheint ihm wegen der Menge und Reinigkeit des Grüns von der dritten Ordnung, d. i. des Grases und der Pflanzen überhaupt, einen Ruhepunkt in der Mitte der Farben abzugeben. Eben daher wird man auch die verschiedenen Schattirungen von Roth, Orange, Grün, Blau und Violet, als verschiedene Grade derselben Farbe ansehen können, weil nämlich ihre Schwingungen wenig von einander verschieden sind. Endlich stimmt auch dieß mit unserm gewöhnlichen Verfahren in andern Dingen überein. Große Unterschiede in unsern Empfindungen drucken wir durch verschiedene Benennungen aus; nahe verwandte durch einerley Benennungen. So geben uns die beyden angeführten Voraussetzungen einen natürlichen Grund an, warum wir fünf Hauptfarben, Roth, Gelb, Grün, Blau und Violet unterscheiden; wie denn auch Newton anfänglich in dem prismatischen Sonnenbilde nicht mehr als diese von einander unterschieden hat, wie man aus seinen optischen Vorlesungen sehen kann.

Es ist merkwürdig, fährt Hartley fort, daß die Ordnung der fünf ganzen und der beyden halben Töne einer Oktave, welche der Folge der sieben Hauptfarben entspricht, die zweyte in Absicht auf absolute Vollkommenheit ist, wie es Newton in einem noch ungedruck-

gedruckten Aufſatze über die Muſik angemerkt hat; hingegen die erſte in Abſicht auf relative Vollkommenheit, d. i. unter denjenigen Ordnungen, wo die halben Töne in gleichen Entfernungen von der Mitte oder den Enden ſind, ein Umſtand, der bey den Farben offenbar nothwendig iſt. Denn wenn deutlich unterſchiedene Farben aus Verhältniſſen entſtehen, und eine um einen halben Ton verſchiedene Farbe nach dem Roth entſteht, wofern man auf dieſer Seite anfängt, ſo muß eine dieſer entſprechende Farbe nach dem Violet entſtehen, wenn man auf der andern Seite anfängt. Die Zuſammenſtimmung der Verhältniſſe, welche hier entſtehen muß, macht dieß nothwendig, vorausgeſetzt, daß der Unterſchied der Farben auf Verhältniſſen beruht.

Ferner, wenn der Unterſchied der Farben auf Verhältniſſen der Schwingungen beruht, ſo kann man erwarten, daß die Farben da breiter ſeyn werden, wo die Schwingungen häufiger ſind, weil man zu einer gröſſern Zahl mehr hinzuthun muß, um ein gleiches Verhältniß herauszubringen. Und jede Farbe hat ihre gewiſſe Breite, die zu einer nach Gefallen angenommenen Folge der Verhältniſſe ihrer Schwingungen gegen einander paſſen muß. Da nun die Breite der ſieben Hauptfarben, ſo wie ſie Newton beſtimmt hat, zu den möglichſt einfachen Verhältniſſen, nach dem möglichſt einfachen Geſetze der Vermehrung der Schwingungen paßt, ſo können wir daher einen Beweisgrund ſowohl für die Lehre von den Schwingungen überhaupt, als von den beſondern hier angezeigten Verhältniſſen der Schwingungen hernehmen. Zwey Stükke, fügt Hartley hinzu, verdienen hiebey beſonders in Betrachtung gezogen zu werden, erſtlich, daß Newton's prismatiſches Sonnenbild ohngefähr 10 Zoll

lang

lang war, daher also die Breiten der sieben Hauptfarben, vom Roth bis zum Violet, in Zollen 1,25; 0.75; 1,33; 1,66; 1,66; 1,11; 2,22 betrugen, daß also, bey dieser beträchtlichen Größe, ein kleiner Irrthum in Bestimmung der Grenzen der Farben ihrer gegenseitigen Verhältnisse wenig ändert; zweytens, die Grenzen der Farben wurden ohne Rücksicht auf irgend eine Hypothese bestimmt, und die Messung mehrmals wiederholt. Inzwischen, sagt er, wäre es wohl der Mühe werth, die Breite der sieben Hauptfarben aufs neue zu messen, und sie mit der hier vorgetragenen Hypothese zu vergleichen.

Auch bemerkt Lambert q), daß bey der Newton'schen Abtheilung viel Willkührliches statt finde. Die Farben verlieren sich allmählig in einander, und wer Lust hätte, die 12 halben Töne der Oktave in den Farben zu finden, würde die einer jeden beliebigen Temperatur zugehörende Eintheilung der Streifen herausbringen können. Inzwischen, setzt er hinzu, bleibt so viel richtig, daß in dem prismatischen Bilde die farbigen Streifen vom Rothen gegen das Violet in der That dergestalt in der Breite anwachsen, daß man nicht sowohl die Summe ihrer Breiten, als die Summe ihrer Verhältnisse zum Maaße derselben nehmen muß, so wie es in der Musik mit den Tönen geschieht.

Ungeachtet Newton sich außerordentliche Mühe gegeben hatte, die farbigen Ringe an dünnen Blättchen zu untersuchen, so hat er doch sehr viel Wesentliches übersehen, wie aus den Versuchen erhellet, welche

q) Beschreibung einer mit dem Calauschen Wachse ausgemahlten Farbenpyramide ꝛc. Berlin 1772. 4. §. 19.

che in neuern Zeiten, und beſonders von dem Abbé Mezeas r) angeſtellt worden ſind.

Als dieſer die flache Seite eines Objektivglaſes auf einem recht ebenen Spiegelglaſe vollkommen glatt ſchleifen wollte, fühlte er nicht allein ſehr bald einen ſtarken Widerſtand, ſo daß er das Objektivglas nicht mehr aus der Stelle bringen konnte, ſondern bemerkte auch mit Verwunderung zwiſchen dieſen beyden ebenen Glasflächen die nämlichen Farben, welche Newton zwiſchen der erhabenen Seite eines Objektivglaſes und einer ebenen Glasfläche geſehen hatte. Dadurch ward er veranlaßt, dieſen Gegenſtand näher zu unterſuchen. Seine Reſultate ſind folgende:

Wenn man zwey durchſichtige und wohl polirte Glasplatten über einander fortſchiebt, und ſie, ſo viel möglich, allenthalben gleich ſtark gegen einander andruckt, ſo wird man bisweilen in der Mitte, bisweilen nach dem Rande hin einen Widerſtand fühlen, und da, wo dieſer ſich äußert, zwey oder drey feine krumme Linien bemerken, die theils bloß roth, theils matt grün ſind. Je länger man die Platten gegen einander reibt, deſto mehr werden der rothen und grünen Linien an der Berührungsſtelle, und ſie erſcheinen bald unordentlich, bald ordentlich unter einander gemengt. In dem letztern Falle entſtehen concentriſche Kreiſe oder Ellipſen, welche mehr oder weniger länglicht ſind, nachdem die Oberflächen mehr oder weniger zuſammenhangen. Dieſe bunten Figuren entſtehen ſicher, wenn man die Gläſer vorher wohl abwiſcht und erwärmt.

Sobald

r) Obſervations ſur des couleurs engendrées par le frottement des ſurfaces planes et transparentes in den Mém. de Berlin 1752. p. 248. und vermehrt in den Mém. préſentés T. II. p. 26.

Sobald sich die Farben gezeigt haben, so hangen die Gläser sehr stark zusammen, und bleiben so, ohne daß sich die Farben verändern. In der Mitte aller dieser elliptischen Figuren, welche gewöhnlich über zehn Linien lang sind, zeigt sich ein eben so gestaltetes Scheibchen, gleichsam als wenn man die Glasblättchen zwischen die Gläser gelegt hätte. In dieser Mitte, befindet sich oft ein schwarzer Fleck, welcher, durch ein Prisma betrachtet, lebhaft violett erscheint.

Trennt man die Gläser plötzlich von einander, sey es, daß man sie horizontal über einander wegschiebt, oder, wenn dieß nicht angeht, sie ans Feuer hält, und bringt man sie gleich darauf wieder zusammen, so kann man, ohne daß man sie über einander zu reiben braucht, die Farben hervorbringen, wenn man sie erst behende und allmählig stärker zusammendruckt. Zuerst entsteht ein eyförmiges blaßrothes Scheibchen mit einem hellgrünen Fleck in der Mitte, der bey zunehmendem Drucke eine grüne eyrunde Gestalt annimmt, und einen rothen Fleck in der Mitte bekommt, welches forthin immer so abwechselt. Zwischen dem Rothen und Grünen zeigen sich auch noch andere Farben, welche man aber in dem folgenden Versuche mit prismatischen Gläsern besser unterscheidet.

Man sieht hieraus, wie die Entstehung der Farben an ebenen und krummen Flächen verschieden ist. An jenen war es, den eben beschriebenen Fall ausgenommen, ihm nicht möglich, sie durch den bloßen Druck hervorzubringen. Die Ursache davon war, daß er die Gläser, ohne sie gegen einander zu reiben, nicht so nahe zusammenbringen konnte, als es zu dieser Absicht nöthig war.

Nunmehr ſtellte Mezeas auch Verſuche mit dünnen Prismen an, die er ſo zuſammenlegte, daß ſie ein Parallelepipedum ausmachten, und ſie gegen einander rieb, worauf an den Berührungsſtellen vortrefflich glänzende Farben entſtanden. Die bunten Ellipſen, die ſich hier zeigten, hatten eine weit lebhaftere Farbe, als bey dem erſten Verſuche, allein das goldfarbene Scheibchen war weißlicht, und nur gegen den Rand zu gelblich gefärbt. Es hatte daſſelbe einen ſchwarzen Fleck in der Mitte, und eine dunkelpurpurne Einfaſſung. Darauf folgte Blau, Orange, Purpurroth, ein zartes Grün, und ſchwacher Purpur. An den andern Ringen konnte das bloße Auge nichts als eine ſchwache rothe und grüne Farbe entdecken, welche ſich ſo in einander verloren, daß die Grenzen der Ringe ſich nicht wohl angeben ließen.

Indeſſen waren dieſe Farben keine urſprünglichen prismatiſchen Farben, weil ſie in einander liefen, und ſich zuſammen vermiſchten. Um die Ordnungen derſelben zu beobachten, trennte er die Prismen plötzlich von einander, legte ſie wieder zuſammen, und ließ durch den allmählich nachlaſſenden Druck die Farben eine nach der andern verſchwinden. Die Ordnungen, welche er ſolchergeſtalt fand, waren folgende: 1. ſchwarzer Flecken; weißliches Eyrund; gelber Rand; dunkeles Purpur, 2. Blau; Orange; Purpur, 3. grünlich Blau; gelblich Grün; Purpurroth, 4. Grün; Roth, 5. zartes Grün; mattes Roth, 6. ſchwaches Grün; ſchwaches Roth, 7. ſehr ſchwaches Grün; ſehr ſchwaches Roth.

Als er dieſe farbigen Gläſer über einer Lichtflamme aufhing, verſchwanden die Farben plötzlich; die Gläſer blieben aber feſt an einander, wenn ſie horizontal

zontal hingen. Als sie kalt geworden waren, kehrten die Farben an ihre Stelle zurück. Darauf nahm er zwey dickere Gläser, um die Farben gemächlicher beobachten zu können, und sahe, daß, so wie sie warm wurden, die Farbenstreifen sich nach den Rändern der Gläser hinbegaben, wo sie immer schmäler, und zuletzt so fein wurden, daß er sie nicht mehr erkennen konnte. Nahm er die Lichtflamme weg, so stellten sich die Farben in derselben Ordnung wieder ein. Dieses wiederholte er so lange, bis die Gläser sich von der Hitze krümmten.

Mezeas schrieb anfänglich mit Newton diese Farben den dünnen Luftscheibchen zwischen den Gläsern zu; allein der so verschiedene Erfolg seiner Versuche mit flachen Gläsern, und der mit Objektivgläsern von Newton, überzeugten ihn, daß die Luft nichts dabey thue. Die Farben der ebenen Gläser verschwanden bey Annäherung der Flamme, die Farben der Objektivgläser aber nicht. Selbst als er die letztern so erhitzte, daß das nächste an der Flamme zersprang, nahm er nicht die geringste Erweiterung der farbigen Ringe wahr. Nicht, daß die flachen Gläser weniger zusammengepreßt wären, als die erhabenen: denn da er jene mit Zangen an einander drückte, äußerte sich die Wirkung der Flamme eben so geschwinde. Er legte sogar die beyden flachen Gläser, nachdem er sie allmählich erwärmt hatte, auf glühende Kohlen, und demohngeachtet sahe er, wie er das obere gegen das untere mittelst einer eisernen Stange rieb, dieselben farbigen Kreise und Ellipsen in gleicher Ordnung, wie vorher, entstehen. Wenn er die Gläser nicht mehr an einander druckte, verschwanden die Farben; kamen aber wieder, wenn er die Gläser aufs neue an

einander rieb, und dauerten so lange, bis diese an zu schmelzen fingen.

Weil er aus der Aehnlichkeit seiner Versuche mit den Newtonianischen schloß, daß die Farben von der verschiedenen Dicke irgend einer zwischen den Gläsern befindlichen Materie herrührten, so machte er mit etwas dickern Materien eine Probe. Er legte eine etwa ein Viertel einer Linie dicke Kugel von Talg zwischen die Gläser, welche er erwärmte, damit der Talg zerfließen möchte; allein er konnte so wenig hiemit, als mit andern weichen Substanzen, Farben hervorbringen. Da er aber die Gläser stärker in die Runde gegen einander rieb, und darauf nach einer Lichtflamme durch sie sah, fand er diese mit zwey oder drey concentrischen Ringen, welche ziemlich breit waren, umgeben. Diese hatten sehr lebhafte Farben, nämlich ein ins Gelbe fallendes Roth und ein smaragdenes Grün. Als er die Gläser noch mehr gerieben hatte, entstanden noch mehrere Farben, Blau, Gelb und Violet, an den Ringen, insbesondere wenn er durch die Gläser Körper, die geradezu von der Sonne erleuchtet waren, betrachtete. Als durch mehreres Reiben der Talg sehr vertrieben war, wurden die von dem durchgelassenen Lichte entstandenen Farben schwächer, dagegen die von dem zurückgeworfenen Lichte verursachten lebhafter.

Statt des Talges nahm er auch Siegellack, Harz, Wachs, und den Bodensatz von Urin. Mit dem erstern hatte er viel Schwierigkeit, es durchs Reiben hinlänglich klar zu machen, wobey er seine Gläser zum öftern erwärmen, und nicht ohne Gefahr, seine Finger zu verbrennen, den nicht lange dauernden Augenblick, da es flüssig ward, wahrnehmen mußte. Da

ihm

ihm endlich der Versuch mit Siegellack glückte, so erschien es durch zurückgeworfenes Licht undurchsichtig mit seiner gewöhnlichen Farbe, allein bey durchgehendem Lichte nahm er dieselben Ringe, wie an dem Talge, wahr, so wie er überhaupt an den Farben des Talges, Siegellackes, Wachses und Harzes wenig Unterschied entdecken konnte: außer daß das letztere nicht so lebhafte Farben erzeugte, weil seine Theilchen zu durchsichtig sind. Der Bodensatz von Urin brachte lebhaftere Farben hervor. Wie er die Gläser damit über einer Lichtflamme hielt, verschwanden die Farben, und es entstanden ästige Figuren, wie Reif gestaltet, welche sich wieder verlohren, da die Gläser kalt wurden.

Um zu versuchen, was die Dünste für Wirkung thäten, hauchte er eine seiner Glasplatten an, und es entstand von den ans Glas sich hangenden Dünsten, ehe sie sich gänzlich verlohren, bisweilen eine Menge sehr abwechselnder Figuren. Allemahl glückte aber dieser Versuch nicht sogleich. Man muß mehrmahls auf das Glas hauchen, und nicht vergessen, es jedesmahl abzuwischen, sowohl um die Feuchtigkeit wegzunehmen, welche sonst die Dünste fest halten möchte, als auch, um auf dem Glase gleichsam Furchen zu machen, welche den Farben dadurch, daß sie die Dünste ungleich dick machen, mehr Abwechselungen geben. Das Glas muß nicht mit Queckſilber belegt seyn. Waren die Wässertheilchen, woraus dieser Dunst bestand, zu dick, als daß sie Farben hervorbringen konnten, so zertheilte er sie mit einem Pinsel, worauf er unzählig viel bunte Fäden erblickte, die sehr schnell auf einander folgten.

Er brachte einen Wassertropfen zwischen zwey Stücke gemeinen Glases, und konnte zwar durchs Zusammendrucken keine Farben hervorbringen, wogegen er aber, wenn er den Wassertropfen von einem Orte zum andern sich bewegen ließ, wahrnahm, daß auf dem Wege, den er nahm, große Flecken von rother, gelber, grüner, purpurner u. s. Farbe entstanden, welche mit großer Geschwindigkeit sich veränderten und dem Auge die schönste Abwechselung von Schattirungen darstellten.

Damit er versichert seyn konnte, daß die Dünste die Farben bey seinen ersten Versuchen hervorgebracht hätten, hauchte er vorher eine seiner Glasplatten an, ehe er sie an einander rieb, worauf die Farben in derselben Ordnung, wie vorher, erschienen, aber dunkel und unordentlich an den von den Dünsten eingenommenen Stellen zerstreuet waren. Sie erhielten ihren vorigen Glanz, als er die wässerichten Theile durch Hitze vertrieb.

Newton hatte zwischen seine Objektivgläser einen Wassertropfen gebracht, und beobachtet, daß, so wie das Wasser zwischen die Gläser eindrang, die Farben matter, und die Ringe enger wurden; und weil er diese Farben von der Dicke des Wasserscheibchens, so wie die erstern von der Dicke des Luftscheibchens herleitete, so hatte er die Durchmesser der farbigen Ringe an dem Wasser gemessen, und daraus berechnet, daß die Zwischenweiten der Gläser bey ähnlichen Ringen für diese beyden Mittel nahe wie 3 : 4 sich verhalten, und daraus den Schluß gezogen, es verhielten sich für andere Mittel die Zwischenweiten, wie die Brechungssinus aus diesen Mitteln in die Luft.

Um sich nun zu versichern, ob die farbigen Ringe seiner Gläser blos von der Dicke des Wassers abhin-

hingen, tauchte Mezeas sie mit einem Rande in das Wasser, nachdem er sie, ehe er die Farben durch Reiben hervorbrachte, wohl abgewischt und erwärmt hatte. Das Wasser brauchte eine ziemliche Zeit, um in die Höhe zu steigen, und so wie es heraufstieg, nahm er ein sehr dünnes Wasserscheibchen wahr, das über der Materie, die, seiner Meynung nach, die Farben hervorbrachte, ohne sich damit zu vermischen, forts lief. Denn über diesem Wasserscheibchen hinaus sahe er die Farben noch immer an derselben Stelle, und in einerley Ordnung, nur daß sie tiefer und dunkeler waren; und da er die Gläser über einer Lichtflamme hielt, sahe er sie verschwinden, und wiederkommen, so wie er die Flamme näherte oder entfernte. Darauf befeuchtete er die Gläser noch stärker, als vorher, rieb sie wie gewöhnlich gegen einander, und sahe immer die gleiche Erscheinung; auch fand er, wenn er die Gläser in dem Augenblick, da die Farben verschwunden waren, von einander sonderte, daß sie immer naß waren. Deßwegen glaubte er, die Farben könnten nicht vom Wasser, sondern müßten von einer andern gegen die Hitze empfindlichern Materie herrühren. Auch glaubte er, diese farbigen Ringe entstünden nicht von der Zusammenpressung der Gläser, oder wenn hierauf ja etwas ankomme, sey es doch nur in Absicht auf die Modificationen, nicht auf die Hervorbringung der Farben.

Diese Versuche des Abbē Mezeas wurden von du Tour s) mit einigen Veränderungen wiederholt. Dieser bemerkt gegen Newton, daß ein Luftscheibchen so wenig zur Hervorbringung farbiger Ringe nöthig

s) Mémoires présentés. Vol. IV. p. 289.

thig iſt, als vielmehr eben die Luft es iſt, welche die Erſcheinung derſelben an den flachen Gläſern verhindert, weil ſie ſich an ihren Oberflächen anhängt, und ſich durch bloßes Zuſammendrucken nicht vertreiben läßt; es ſey denn, daß an einer Stelle ſchon vorher ſich Farben gezeigt haben, in welchem Falle ſie, durch das Auflegen, ohne Reiben, ſich hervorbringen laſſen, weil die Luft alsdenn vermuthlich nicht die Zeit hat, ſich feſt genug an das Glas zu hängen. Andere Materien ſind, wie er fand, durch die Berührung mit dem Glaſe dem Verſuche nicht ſo hinderlich. Denn wenn er die Gläſer mit irgend einer Fettigkeit ganz dünne überſtrich, entſtanden die Ringe ohne Reiben, wie auch, wenn er ſie gelinde in Waſſer tauchte, oder mit ſeinem Finger abwiſchte. Dieſe Muthmaßung beſtätigte er durch folgende Erfahrung. Er tauchte zwey Glasplatten, deren eine abgewiſcht war, die andere nicht, ins Waſſer, brachte ſie unter einen Recipienten, und fand, daß nach ausgepumpter Luft an der letzten ſich Bläschen zeigten, an der erſten aber nicht.

Wenn eins von den Gläſern erhaben iſt, ſo möge, ſagt er, die Luft durch den bloßen Druck ſich herausziehen können, welches aber nicht angehe, wenn ihr zwiſchen zwey platten Glasplatten alle Auswege benommen ſind. Die Luftpumpe, findet er, kann die an der Oberfläche eines Körpers liegenden Lufttheilchen nicht wegbringen, weil die Glasplatten, die er unter einem luftleeren Recipienten eine ziemliche Zeit hatte liegen laſſen, dadurch zu dem Verſuche nicht ſo tauglich wurden, als durch das Abwiſchen.

Auch Muſſchenbroek [t]) beſchäftigte ſich mit dieſem Gegenſtande. Seine Art, die Verſuche mit flachen

t) Introductio ad philoſoph. naturalem. Vol. II. §. 1837. ſqq.

flachen Glasplatten anzustellen, geht noch etwas von der des Abbé Mezeas ab. Er wischte sie mit rectificirtem Weingeiste ab, rieb sie mit warmer Wolle, wärmte sie auf reinem Kohlenfeuer, legte eine auf die andere, so daß Rand auf Rand kam, druckte die obere stark gegen die untere, und rieb sie gegen diese. So entstanden allerhand hart an einander liegende bunte Streifen über die ganze Oberfläche hin, meistentheils purpurfarbig und grün, von verschiedener Breite und unordentlicher Gestalt, die desto mehr in die Augen fielen, je schiefer man die Gläser ansah. Diese Platten druckte er mit drey oder vier Schrauben an den Ecken, auch wohl mit einer fünften in der Mitte zusammen. Um die Stellen, wo die Gläser angedruckt waren, entstanden kreisrunde Ringe. Wurden darauf die Platten über Torfkohlen heiß gemacht, so erstreckten sich die farbigen Streifen bis in die Mitte der Platten, und machten oft Figuren, wie die Fasern tannener Breter mit rundlichen Stellen wie diese. Je heisser die Platten wurden, desto besser nahmen sich die Farben aus, ohne daß einige verschwanden. Selbst da die eine Platte von der Hitze zersprang blieben die krausen Streifen an dem Bruche hin. Wenn die Platten wieder kalt wurden, veränderten die Streifen ihre Figur, wurden schmaler und matter von Farbe, vergingen aber doch nicht. Nach zwey Jahren waren die Farben noch nicht verschwunden. Was Mezeas anführt, daß die Farben, wenn die Glasplatten erhitzt wurden, sich von der Mitte nach dem Rande hin begeben, und daselbst ganz feine Linien bilden, sagt Musschenbroek, habe er nie bemerkt.

Wenn er einen großen Tropfen Weingeist auf ein Objektivglas brachte, alsdenn ein anderes darauf

legte, und beyde an zwey entgegengeſetzten Stellen ſtark an einander druckte, ſo breitete ſich der Tropfen ſehr in der Runde aus. Neigte er die Gläſer gegen den Horizont, ließ den Druck der obern Finger nach, und verſtärkte dagegen den Druck der untern, ſo zog ſich der Weingeiſt nach den engern Stellen ſtärker herab, ohne ſich jedoch von den einmahl benetzten Stellen gänzlich wegzuziehen, und es entſtanden mehrere ſehr breite farbige Ringe, drey Zoll im Durchmeſſer groß. Von dieſen Ringen war keine Spur zu ſehen, wie der Tropfen in der Mitte zwiſchen den Gläſern war. So wie der Druck der obern und untern Finger verändert ward, zeigten ſich mehrere Ringe. Dergleichen breite und große Ringe entſtehen auch, ſagt er, wenn ſchwarze Seifenlauge zwiſchen die obern Ränder der Linſen gegoſſen wird, und wenn man, nachdem dieſelbe um die Mitte der Gläſer ſich verbreitet hat, den Druck der obern und untern Finger mit einander abwechſeln läßt. Alsdenn kommen da, wo die Linſen weiter von einander abſtehen, an der Seifenlauge, die ſich an den Glasflächen anhängt, Ringe hervor, und die übrige Lauge fließt nach den engern Stellen hin.

An Objektivgläſern von 100 Fuß Brennweite ereignet es ſich bisweilen, daß, wenn ſie lange trokken gelegen haben, keine Farben daran entſtehen wollen, wenn ſie auf einander gelegt werden, ſelbſt dann noch nicht, wenn man ſie mit reiner trockener Leinewand abwiſcht. Wenn ſie aber alsdenn mit Weingeiſt ſtark gereinigt werden, ſo entſtehen die Farben an den Berührungsſtellen. Die Urſache ſucht er in dem Schmutze der Luft, welcher ſich mit der Zeit daran ſetzt; wozu kommen mag, daß die Salze, welche

zu dem Glase genommen werden, etwas verwittern, und fast unmerkliche Flecken machen, daher also die Glasflächen rauh werden, und sich nicht dicht genug an einander fügen, ein Umstand, welcher durch das Abwaschen und Abwischen gehoben wird. Woher übrigens die farbigen Ringe entstehen mögen, sagt er, das sey noch gar nicht zur Gewißheit gebracht.

Im dritten Theile S. 98 u. f. ist angeführt worden, daß Newton die von den dicken Scheibchen verursachten Farben auf eine ähnliche Art zu erklären gesucht hat, wie die von dünnen Scheibchen entstandenen, besonders in den sinnreichen Versuchen, da er einen Lichtstrahl durch einen Pappbogen auf einen gläsernen Hohlspiegel fallen, und wieder auf ihn zurückprellen ließ, wodurch sich auf der Pappe farbige Ringe zeigten. Diese Versuche wiederholte der Duc de Chaulnes x) mit gutem Erfolge. Die Farben erklärte er aus der Brechung des Lichts.

Zufälliger Weise bemerkte der Duc de Chaulnes, daß, wenn der gläserne Spiegel durch Anhauchen trübe gemacht war, ein weißes zerstreuetes und lebhaftes Licht sich über den Pappbogen ausbreitete, und daß die Farben der Ringe stärker und deutlicher wurden. Damit diese Erscheinung von Dauer wäre, befeuchtete er die Oberfläche mit Milch und Wasser, welches er darauf trocken werden ließ.

In allen seinen hierüber angestellten Versuchen fand er, daß, wenn die Strahlen zusammenlaufend auf die Fläche des Spiegels fielen, die Farbenringe kaum zu erkennen waren; fielen sie parallel darauf, so waren sie deutlich genug; am lebhaftesten wurden sie,

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1755.

ſie, wenn er vermittelſt eines in der Oeffnung des Fenſters angebrachten Convexglaſes ſie nach dem Mittelpunkte der Kugel, aus welcher der Spiegel geſchliffen war, hinleitete, ſo daß ſie ſenkrecht auf den Spiegel fielen. Alsdenn konnte er das durch die Zurückwerfung entſtandene Bild weit von dem Loche entfernen, ohne daß darum die Ringe verſchwanden, und er ſahe ganz deutlich, wie ſie aus ihren Centralflecken, welche ihre Farben einige mahl abwechſelnd veränderten, entſtanden.

Das Ereigniß bey dem Anlaufen des Spiegels überzeugte den Düc de Chaulnes, es müßten die farbigen Ringe durch die Vorderfläche erzeugt werden, und die Hinterfläche, welche die durchgegangenen Strahlen zurückwirft, diene blos dazu, die Strahlen zu ſammlen, und ſie in hinlänglicher Menge auf die Pappe zu werfen, um die Ringe ſichtbar genug zu machen. In dieſer Meynung wurde er durch folgende Verſuche beſtärkt.

Er nahm ein Planconverglas von ſechs Fuß Brennweite, ſtellte es ſechs Fuß von der Pappe mit ſeiner erhabenen Seite nach derſelben hingekehrt. Solchergeſtalt wurden die Strahlen durch die Vorderfläche parallel mit einander gemacht, daß ſie ſenkrecht auf die Hinterfläche fielen, welche ſie wieder ſo zurückwarf, daß ſie ſich auf der Pappe vereinigten. Unter dieſen Umſtänden erſchienen die Ringe ſehr deutlich, wenn er vorher die erhabene dem Lichte zugekehrte Seite anlaufen ließ.

Da er aber das Glas umkehrte, daß die ebene Fläche deſſelben der Pappe zugewandt war, konnte er in der Entfernung von ſechs Fuß keine Ringe erblicken,

wohl

wohl aber in der Entfernung von drey Fuß, weil die Hinterfläche von ihrer hohlen Seite auf diese Weise die Strahlen nach der Pappe hin vereinigte.

Diese beyden Versuche schienen ihm hinreichend zu seyn, zu beweisen, wozu die zweyte Fläche des Spiegels diene. Die folgenden zeigen, in wie fern es auf die Vorderfläche bey diesen Ringen ankommt.

Newton hatte, sagt er, bemerkt, daß, wie er einen Spiegel von gleicher Brennweite mit dem ersten, aber zweymahl so dick, brauchte, die Ringe im Durchmesser viel kleiner wurden, als vorher. Hieraus glaubte der Duc eine Bestätigung seiner Meynung zu finden, weil, wenn die Ringe von der Vorderfläche herrühren, sie desto breiter werden müssen, je näher diese Fläche der hintern kommt, welche nichts thut, als die von der Vorderfläche zurückgelassenen zurückzuwerfen.

Um sich hievon zu versichern, erdachte er eine Einrichtung, die Entfernung zweyer beweglicher Flächen, verbunden mit einem Mikrometer, aufs genaueste zu messen. Er nahm nämlich einen metallenen Spiegel aus einem Spiegelteleskop, welcher aus einer Kugel von 10 Fuß im Halbmesser geschliffen war, befestigte ihn auf einem Fußgestelle, das einen Schieber hatte, welcher einen leichten Rahmen trug, worin ein dünnes mit Milch und Wasser trübe gemachtes Scheibchen Talg befestigt war. Der Rahmen mit dem Scheibchen Talg konnte entweder hart an den Spiegel gebracht, oder auf acht bis neun Zoll davon entfernt werden, und das Mikrometer zeigte die kleinste Bewegung desselben aufs genaueste an.

Als er den Spiegel zehn Fuß von der Pappe, alſo in der Weite des Halbmeſſers ſeiner Kugelfläche, geſtellt hatte, zeigten ſich ihm die Ringe ſehr deutlich, weil ſein Spiegel ſehr genau geſchliffen war; allein die Durchmeſſer der Ringe veränderten ſich mit der Entfernung des Tafelſcheibchens vom Spiegel, und waren ſehr groß, wenn es dem Spiegel ſehr nahe war, hingegen ſehr klein, wenn es bis auf 7 oder 8 Zoll abgeruckt ward.

Hieraus ſchien ihm nun zwar zu erhellen, daß die Ringe von der Vorderfläche hervorgebracht, und von der Hinterfläche zurückgeworfen wurden; allein es blieb noch die Art, wie es geſchehe, zu erklären übrig. Er kam auf den Gedanken, daß die kleinen Strahlencylinder bey dem Durchgange durch die Zwiſchenräumchen des durchſichtigen Mittels eine Art von Beugung erleiden möchten, wodurch die cylindriſche Figur des Strahls in eine koniſche verwandelt würde. Darum dachte er darauf, wie er einen Körper mit Zwiſchenräumchen von einer beſtimmten und bekannten Geſtalt ſtatt des Talges erhalten könnte, und ſpannte ein Stück feinen Mouſſelins ſo glatt als möglich in obengedachten Rahmen. Er fand auch zu ſeinem großen Vergnügen ſeine Muthmaßung beſtätigt; denn die kreisrunden Ringe hatten ſich nun in Quadrate verwandelt, deren Winkel nur ein wenig abgerundet waren. Sie waren ſo wie jene gefärbt, nur daß wegen des von dem Mouſſelin aufgefangenen Lichts ihr Glanz ſich vermindert hatte.

Wie er ſtatt des Mouſſelins Silberfaden, dreyviertel oder eine ganze Linie weit von einander genau parallel in den Rahmen zog, ohne Queerfäden darüber zu legen, ſo war anſtatt der Ringe, die ſich vorher

her gezeigt hatten, nichts als ein Schein eines weißlichten Lichts zu sehen, durch welches allerhand lebhafte gefärbte Streifen liefen, die in derselben Ordnung, wie die Ringe, auf einander folgten.

Endlich, um den Versuch noch einfacher, und den Newtonianischen Versuchen von der Beugung des Lichts gleichförmiger zu machen, stellte er statt des obigen Rahmens bloß eine Messerschneide vor dem Spiegel, worauf dieselben Erscheinungen wie bey den Silberfäden sich zeigten, außer daß das Licht weit schwächer, aber doch noch hinlänglich stark war, um die Uebereinstimmung beyder Wirkungen daraus folgern zu können.

Was die größte Schwierigkeit bey den Versuchen des Düc de Chaulnes macht, ist, zu erklären, wie das Anlaufen der Vorderfläche die Farben so viel lebhafter, und die Anzahl der Ringe größer machen konnte. Er stellte sich vor, erstlich, daß dadurch ein Theil des Lichts, welches von der Vorderfläche sonst zurückgeworfen wäre, und den Glanz der Ringe geschwächt haben würde, zerstreuet sey; zweytens, daß durch die Wassertheilchen, durch die Milchtheile, oder auf eine andere ähnliche Art eine größere Anzahl regelmäßiger Zwischenräumchen entstanden seyn möge.

Außer den Farben, welche vermittelst des Sonnenlichts durch die bisher beschriebenen Vorrichtungen entstehen, sind nicht weniger diejenigen einer Aufmerksamkeit werth, welche durch das Licht anderer brennender Körper hervorgebracht werden, und mit welchen von jeher wenig Versuche angestellt worden sind. Herr Melville y) hat folgende hieher gehörige Beobachtungen gemacht.

Kör-

y) Edinburgh essays. Vol. II. p. 32.

Körper von einer der Hauptfarben, namentlich roth, gelb, grün und blau, verändern ſich bey dem Lichte brennender Geiſter ſehr wenig; ſchüttet man aber, während ſie brennen, Salze allmählig hinzu, ſo erfolgen allerhand Veränderungen. Vermiſcht man Salmiak, Potaſche oder Alaun damit, ſo erſcheint die Farbe der rothen Körper etwas verblaßt und ſchmutzig. Grün und blau ſieht faſt ſo aus, wie bey Kerzenlicht, beydes nämlich blaß, und faſt gar nicht von einander verſchieden. Weiß und gelb verändern ſich faſt gar nicht.

Wenn Salpeter oder Seeſalz zu den brennenden Geiſtern in Menge gethan, und alles mit einander tüchtig umgerührt wird, ſo wird das helleſte Roth bey dieſem eine ſchmutzige Lohfarbe annehmen, ohne daß die geringſte Beymiſchung von Roth darin zu erkennen wäre. Grün verwandelt ſich in eine andere Art von Braun, das ſich von jenem nur darin unterſcheidet, daß es in eine lebhafte Olivenfarbe fällt. Wird Salpeter, aber in mäßiger Menge, zu den brennenden Geiſtern gethan, ſo bleibt noch immer etwas von einer grünlichen Farbe übrig. Dunkelblau unterſcheidet ſich vom Schwarz faſt gar nicht, als darin, daß es ſchwärzer ausſieht. Hellblau verwandelt ſich in ein lichtbraun von einer beſondern Gattung. Weiß nimmt einen bleichgelben Schein an, gelb allein bleibt unverändert, und wird ſehr glänzend.

Dieſe Verſuche ſtellte er mit mancherley Arten ſtark gefärbter Materien, als Seidenzeuge, Tücher, und Malerfarben, an. Polirtes Kupfer, welches von der Luft eine hohe Feuerfarbe bekommen hatte, ſchien bey eben dieſem Lichte wie Meſſing. Die Zuſchauer ſahen im Geſichte wie Leichname aus, und andere

gemiſchte

gemischte Farben, in welchen Roth oder Grün enthalten war, litten eben solche Veränderungen.

Er stellte einen Pappbogen mit einem runden Loche zwischen sein Auge und die angezündeten Geister, um einen kleinen und begrenzten Gegenstand zu haben, und untersuchte mittelst eines Prisma, dessen brechenden Winkel er aufwärts hielt, die Beschaffenheiten dieser verschiedenen Gattungen Lichts, wo er denn fand, daß im erstern Falle, nämlich wenn Salmiak, Potasche oder Alaun hinzugethan ward, Strahlen jeder Gattung von der Flamme kamen, aber nicht in gleicher Menge, weil die gelben in größerer Anzahl, als die übrigen zusammen waren, und das Rothe weit schwächer als das Grüne und Blaue war. Ward Salpeter oder Seesalz hinzugethan, so war Blau ein wenig zu sehen aber sehr schwach und blaß. Letzteres machte das Grün eben so blaß, ersteres gab ein starkes Grün. Nahm er beyde Salze mit einander, so sah er kaum eine Spur von Roth, besonders wenn sie in Menge zugeschüttet und die Geister immer umgerührt wurden. So oft man einhielt kamen die rothen Strahlen unterhalb des Lochs offenbar wieder zum Vorschein, und rothe Körper, die man mittelst dieses Lichts sahe, nahmen ihre gewöhnliche Farbe einiger Maaßen wieder an; wobey es artig war, zu sehen, wie das Rothe wieder verschwand, sobald das Zuschütten des Salzes und das Umrühren wieder anfing.

Das Gelbe zeigte sich bey diesen Versuchen noch in weit reichlicherer Maaße im Verhältnisse gegen die andern Farben, als bey jenen, sogar daß das Loch, wenn man es durch das Prisma ansah, bloß diese gelbe Farbe hatte, und so deutlich begrenzt war, als

wenn man es durch ein ebenes Glas betrachtet hätte; außer daß an der obern Seite ein ſehr blaſſer Streifen von Grün und Blau zu ſehen war. Weiße Körper, die von dieſem Lichte erleuchtet wurden, ſchienen durch das Prisma völlig deutlich begrenzt; Ereigniſſe, wie er ſagt, welche denjenigen befremdend vorkommen müſſen, die das Prisma bloß im ungleichartigen Lichte zu gebrauchen gewohnt ſind, wo es allemahl den Rand der Gegenſtände undeutlich begrenzt erſcheinen läßt.

Auch beobachtete er bey dieſem Lichte Seifenblaſen, konnte aber daran keine helle von dunkeln abgeſonderte Streifen wahrnehmen, weil das Grüne und Blaue zu ſchwach war, um ſein Auge zu rühren.

Endlich beſchließt Melville ſeinen Aufſatz mit folgenden Fragen: Sind nicht die Strahlen, welche leuchtende Körper geben, von welcher Gattung ſie auch ſeyn mögen, mit den Sonnenſtrahlen gleiches Weſens, ſowohl was die Farbe, als den Grad der Brechbarkeit anlangt? und ſind nicht leuchtende Körper bloß darinn von einander unterſchieden, daß die Einen Strahlen von dieſer Farbe, andere von jener Farbe am häufigſten ausſenden, ſo wie undurchſichtige Körper ſich durch die Farbe des auffallenden Lichts, welches ſie am häufigſten zurückſenden, von einander unterſcheiden? Müßte man aber nicht, um unſere Induktion völlig beweiſend zu machen, Verſuche mit dem Lichte mancherley Körper anſtellen? und würde es nicht ſehr zur Aufklärung dieſer Frage dienen, wenn man nach Newton's Methode einen Sonnenſtrahl bloß aus Strahlen von ſolchen Farben und in den Verhältniſſen zuſammenſetzte, wie man ſie in dem Lichte brennender Geiſter und Salze wahrnimmt? Ferner, ſind nicht auch die Zwiſchenräume der Anwandlungen der

Strah-

Strahlen von einer gewissen Farbe in demselben Mittel einerley, sie mögen, von welchem Körper es sey, herkommen? Denn wenn die Zwischenräume verschieden wären, würden sich dann nicht an den Farben der Körper Veränderungen bemerken lassen, welche man aus der Zusammensetzung der Lichter, wodurch sie erleuchtet werden, nicht erklären könnte?

Noch führt Musschenbroek folgende von ihm gesammlete Bemerkungen an: das Licht vom Kampher, wie auch vom brennenden Zink ist weiß; Zink mit Arsenik vermischt giebt eine grünliche Farbe; Zink mit Operment eine schwarze Flamme, und Messing im Feuer eine grüne.

Noch weit mehrere sehr auffallende Farbenveränderungen lassen sich durch Vermischungen verschiedener Liquoren hervorbringen. Eine Sammlung hievon hat Musschenbroek [z]) vorzüglich aus Boerhaave's Chemie und aus eigener Beobachtung gemacht, deren Resultate folgende sind.

I. Farben, welche in Flüssigkeiten entstehen, welche für sich keine Farben haben.

1. Weingeist mit rothen Rosen, wozu man, wenn er noch weiß ist, einen sauren Salzgeist giebt, so wenig, daß man es kaum sehen kann, giebt ein helles Roth. Viele rothe Blumen geben dem Weingeiste in kurzer Zeit keine Farbe, die doch mit Säuren ihn sogleich roth färben.

2. Eine Auflösung von Queckſilber und Weinsteinsalz giebt Orange.

3. Eine

z) Introd. ad philos. natur. Tom. II. §. 1845.

3. Eine Auflösung von Sublimat und Kalkwasser giebt Gelb.

4. Eine Tinktur von rothen Rosen mit zerflossenem Weinsteinsalze oder mit Salmiakgeiste giebt Grün, so wie auch die Tinkturen vieler andern rothen Blumen von einem Alkali grün werden.

5. Die Tinktur von rothen Rosen und Harngeiste giebt Himmelblau.

6. Eine Auflösung von Kupfer und Salmiakgeist giebt Purpur.

7. Eine Auflösung von Sublimat und Salmiakgeist giebt Weiß.

8. Eine Auflösung von Bleyzucker und eine Auflösung von Vitriol, oder eine Tinktur von rothen Rosen oder andern Blumen, und eine Auflösung von Eisenvitriol in Wasser; oder eine Auflösung von Gallâpfeln und Eisenvitriol giebt Schwarz.

II. Farben, die aus gefärbten Flüssigkeiten entstehen.

1.	Roth, Tinktur von rothen Rosen Gelb, Tinktur von Safran	Grün.
2.	Blau, Tinktur von Veilchen Braun, Geist von Schwefel	Carmoisin.
3.	Roth, Tinktur von rothen Rosen Braun, Geist von Hirschhorn	Himmelblau.
4.	Blau, Tinktur von Veilchen Grün, Solution von Kupfer	Violett.

5.

5.	Blau, Tinktur von Veilchen Blau, Solut. von hungar. Vitriol	Purpur.
6.	Blau, Tinktur von Kornblumen Weiß, Salmiakgeist	Grün.
7.	Blau, Solut. von hungar. Vitriol Braun, Lauge	Gelb.
8.	Blau, Solut. von hungar. Vitriol Roth, Tinktur von Rosen	Schwarz.
9.	Blau, Tinktur von Kornblumen Grün, Solution von Kupfer	Roth.
10.	Violett, Tinktur von Dipsacus, Iris, oder andern Blumen, die im Wasser eine blaue Farbe geben durchsichtig, Alaun im Wasser aufgelößt.	Himmelblau.

III. Veränderte und wiederhergestellte Farben.

1. Die grüne Solution von Kupfer wird farbenlos, wenn man Salpetergeist zugießt, und vom Weinsteinsalze wieder grün.

2. Die Tinktur von rothen Rosen wird von Vitriolgeist schön roth; gießt man darauf Salmiakgeist hinzu, so wird sie grün, und durch Vitriolöl wieder roth.

3. Die Tinktur von rothen Rosen wird von der Vitriolsolution schwarz; vom Weinsteinsalze wieder roth.

4. Die Solution von Grünspan ist grün, wird farbenlos durch Vitriolgeist, purpurfarbig durch Salmiakgeist, wieder durchsichtig durch Vitriolöl.

Alle diese Farben sind desto dichter und lebhafter, je mehr oder je besser das zugesetzte Salz ist, wodurch man allerhand Arten rother, grüner und blauer Farben erhält; wiewohl die Schattirung auch darauf ankommt, wie stark oder schwach die Solution ist. Musschenbroek sagt, so viel er herausgebracht habe, möge es allgemein seyn, daß gelbe Vegetabilien in Weingeist aufgelößt gelbe Tinkturen geben, die von sauren, alkalischen oder andern hinzugesetzten Salzen wenig oder gar nicht verändert werden; nur müsse man einige Körper ausnehmen, da aus der gelben Farbe, Orlean, durch Hinzusetzung des Vitriolöls eine vortreffliche blaue Farbe entsteht, die durch Wasser oder ein jedes Salz wieder vernichtet wird.

Versuche mit säuerlichem oder vitriolischem Wasser und adstringirenden Körpern lehren folgendes: ein wenig von dem adstringirenden in Verbindung mit dem Eisen gab Schwarz; etwas mehr von dem erstern gab Blau; noch etwas mehr Violett, und noch mehr Purpur.

Es giebt Farben, die an der Luft beständig bleiben, und vergehen, wenn die äußere Luft abgehalten wird. So geht es mit der rothen Tinktur, die von dem lichen Canariensis mit Wasser oder verdünntem Weingeiste, und mit Kalk und Harnsalze bereitet wird. Gießt man die Tinktur in eine gläserne Röhre, die darauf zugeschmolzen wird, so wird sie in wenig Tagen alle Farbe verlieren, und bekommt sie wieder, wenn nach geöffneter Röhre die Luft wieder freyen Zugang

erhält. Der Abt Nollet hat mit dieser Tinktur allerhand Versuche angestellt.

Hieher gehören auch die so genannten sympathetischen Dinten, deren Schrift nur durch gewisse Veranstaltungen sichtbar wird. Hellot [a]) hat hiezu folgende Recepte gegeben:

Man löse Silberglätte in destillirtem Weinessig auf, schreibe die Buchstaben damit, und trockene sie im Schatten, so wird man nichts von ihnen sehen. Taucht man aber einen Pinsel in Kalkwasser, worin Operment aufgelöset ist, und überfährt sie damit, so werden sie erst gelb, und dann schwarz. Mit Scheidewasser überstrichen verschwinden sie wieder. Man mache eine Goldsolution im Königswasser, ingleichen eine Zinnsolution in eben dergleichen, und verdünne beyde mit fünfmahl so viel Wasser. Buchstaben mit der ersten Solution geschrieben und im Schatten getrocknet bleiben unsichtbar; überfährt man sie aber mittelst eines Pinsels mit der andern Solution, so werden sie purpurfarbig. Wird ferner eine Solution von Zinkerz, taubenhälsigem Wißmutherz, oder Kobalterz im Scheidewasser, mit Wasser verdünnt, mit Kochsalz vermischt und abgeklärt, so sind die damit geschriebenen Buchstaben unsichtbar, so lange sie kalt sind; sie werden aber bläulich grün, wenn man sie ein wenig über Kohlen erwärmt, und verschwinden wieder beym Erkalten.

Eine

a) L'art de la teinture des laines, et des étoffes des laines, en grand et en petit teint, avec une instruction sur les Debouillis. à Paris. 1750. 12. aus dem Französ. übersetzt von Käſtner. Altenb. 1765. 8.

Eine andere hieher gehörige Entdeckung, wozu Ausländer die erſte Idee angegeben haben, die aber von den Deutſchen allein faſt zur Vollkommenheit gebracht iſt, beſteht darin, wie man den ſo vielfach verſchiedenen Farben Benennungen geben, und das Verhältniß ihrer Miſchung aus drey Hauptfarben, Roth, Gelb und Blau, beſtimmen möge. Leonardo da Vinci war der erſte, welcher die Idee einer wiſſenſchaftlichen Miſchung der Farben aus gewiſſen einfachen hatte, und der dabey ſchon Blicke in die Lehre von den Combinationen that, ehe ſie vollſtändig erfunden ward. Der P. Caſtel [b]) erkannte nur drey Grundfarben, nämlich Feuerroth, Schüttgelb und Himmelblau, und eignete ſich die Erfindung dieſes Gedankens zu. Aber ſchon le Blond hat in einer Schrift über das Abdrucken der Kupferplatten mit Farben [c]) alle Farbenmiſchungen aus drey Farben abgeleitet. Zahn [d]) iſt der erſte, der die Idee von einem Dreyeck mit der Zuſammenſetzung der Farben verbunden hat. Er nimmt aber fünf Hauptfarben, nämlich noch Weiß und Schwarz, an, ſetzt ſie auf die fünf Theilungspunkte der einen Seite, und bringt die Miſchungen in die übrigen Durchſchnittspunkte, ſo daß Aſchgrau an die Spitze des Dreyecks kommt. Tobias Mayer hat in ſeinem mathematiſchen Atlas, welchen er in ſeinen jüngern Jahren herausgab, ebenfalls ein Farbendreyeck aus Weiß, Gelb, Blau, Roth und Schwarz, welche Farben er A, E, I, O, V nennt, und zu gleichen Theilen ſo miſcht, daß daraus die Farben

b) L'optique des couleurs. à Paris 1740. 8.

c) Harmony of colouring. Lond. 1737. und L'art d'imprimer les tableaux. à Paris 1756. 8.

d) Oculus artificialis teledioptricus. Herbip. 1685. Fol. in der 2ten Ausg. v. 1702. p. III.

ben AE, EI u. s. w. entstehen. In der Folge aber hat Mayer das Farbensystem weit reifer überdacht, und zuerst zu einem gewissen Grade der Vollkommenheit erhoben. Er legte seinen Aufsatz darüber im Jahre 1750 der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen vor; doch ward damals nur eine kurze Nachricht davon durch die Göttingischen gelehrten Anzeigen bekannt. Indessen zog dieß viel Aufmerksamkeit nach sich, und veranlaßte viele Schriften von Schäffer [e]), Ignaz Schiffermüller [f]) und besonders von Lambert [g]). Endlich erschien im Jahre 1775 Mayer's [h]) lateinischer Aufsatz selbst. Er bringt aus Roth, Gelb und Blau 91 Farben, jene mitgerechnet, heraus, indem er jeder der Hauptfarben 12 Theile giebt, und von je zweyen oder allen dreyen eine Mischung aus 12 solchen Theilen macht. Diese vertheilt er über einem in 91 Fächer eingetheilten Dreyecke. Er sagt aber nicht, wie er die Theile verstehe. Hiezu kommen noch zweymahl 364 Farben, nach dem Abstande der Farben von Weiß oder Schwarz.

Erxleben bemerkt in seiner physikalischen Bibliothek [i]), wo er von dem oben angeführten Mayer'schen Werke

e) Entwurf einer allgemeinen Farbenverein, oder Versuch und Muster einer gemeinnützigen Bestimmung und Benennung der Farben. Regensb. 1769. 4.

f) Versuch eines Farbensystems. Wien 1772. 4.

g) Beschreibung einer mit dem Calauschen Wachse ausgemalten Farbenpyramide, wo die Mischung jeder Farben angeordnet, dargelegt und derselben Berechnung und vielfacher Gebrauch gewiesen wird, mit einer ausgemalt. Kupfert. Berlin 1772. 4.

h) De affinitate colorum, in *Tob. Mayeri* opp. inedit. Vol. I. Gotting. 1775. 4.

i) Band I. St. 4. S. 403. f.

Werke redet, daß man die Pigmente nicht nach dem Gewichte, ſondern nach dem Volumen mit einander vermiſchen müſſe. Zu den Grundfarben nahm er Carmin, Berlinerblau und Königsgelb, verglich ihre ſpecifiſchen Gewichte, die er folgeweiſe ein wenig kleiner als Eins, Eins und Zwey fand, und urtheilte aus ein Paar Proben, daß die Intenſität dieſer Pigmente gleich wäre, da ſie nach ihrem Volumen mit einander gemiſcht, ein Rothgelb, ein Grün, und Ein Violet gaben, welches ſich weder auf die eine, noch auf die andere Seite neigte. Nun nahm er bey der Miſchung zu einem Theile Gelb immer doppelt ſo viel Königsgelb am Gewichte, als von dem Berlinerblau am Gewichte zu einem Theile Blau, und zum Roth ein klein wenig Carmin weniger, als vom Berlinerblau zu eben ſo viel Blau hätte genommen werden müſſen.

Lichtenberg, welcher die oben angeführte Mayer'ſche Abhandlung herausgab, hat derſelben ſehr ſchätzbare Anmerkungen beygefügt. Er führt an, daß Mayer, wie aus einem von ihm ſelbſt ausgemalten Farbendreyecke erhelle, zu den Hauptfarben Bergzinnober, Königsgelb und helles Bergblau gewählt habe. Auch theilt Lichtenberg ſeine eigene Methode mit, ſolche Farbendreyecke zu verfertigen. Dieſer brauchte theils die Mayer'ſchen Grundfarben, nachdem er ihre Stärke in den Miſchungen durch's Abwägen erforſcht hatte, trocken; theils machte er Bergzinnober, Gummigutte und Berlinerblau dünne mit Waſſer an, und überfuhr damit die Felder ſeines Dreyecks ſo oft, als es die Menge der Theile der Farbe in jedem Fache erforderte. Auf dieſe Art hat er dem Werke ein Muſter eines ausgemalten Dreyecks von 28 Feldern beygefügt.

Lambert endlich hat in der oben angeführten Schrift über die Stärke seiner Grundfarben sehr genaue Untersuchungen angestellt. Er fand durch Versuche, daß $\frac{1}{2}$ Gran hochrother Carmin in der Mischung so weit reiche, als 10 halbe Gran Gummigutte, d. i. daß beyde eine Farbe gaben, die vom Rothen und Gelben gleich weit abstand; desgleichen, daß, um ein weder in's Gelbe noch in's Blaue ziehendes Grün hervorzubringen, 2 Gran helleres Berlinerblau und 7 Gran schwache Gummigutte erfordert wurden; endlich daß 1 Gran Carmin und 3 starke Gran Berlinerblau dem eigentlichen Mittel zwischen Roth und Blau Genüge thaten. Hieraus leitet er folgende Grade der Schwäche dieser Farbe her:

des hochrothen Carmins -	1
des hellern Berlinerblau -	3
der Gummigutte - -	10

Das heißt, wenn man die Mischung einer hieraus zusammengesetzten Farbe nach Theilen des Roth, Blau und Gelb angeben will, so muß man 10 Gewichttheile der Gummigutte, 3 Gewichttheile des Berlinerblau, und 1 Gewichttheil des Carmins als einen Theil oder eine Portion der Farben ansehen. Die Stärke, d. i. die Dichtigkeit der Farbentheilchen an der Oberfläche, verhält sich umgekehrt wie diese Zahlen. Hierauf verfuhr Lambert eben so mit dunklerm Carmin, dunklerm Berlinerblau und Gummigutte, und fand nun die Grade der Schwäche

des dunklern Carmins -	2
des dunklern Berlinerblau -	3
der Gummigutte - -	12

Die verschiedenen Farben vertheilt Lambert in eine Pyramide, oder dreyeckiges Kästchen mit Fächern.

chern. In dem untersten Fache sind 45 Quadrate, jede mit einer besondern Farbe, nämlich auf den Ecken roth, gelb, blau, und die dazwischen fallenden Farben nach ihren Schattirungen neben einander. Jede Farbe hat acht Theile oder Portionen aus den drey Hauptfarben. In dem nächsten darüber liegenden Dreyecke sind 28 Quadrate, deren Farben wieder die drey Hauptfarben, aber heller, mit 25 Mittelfarben, sind. Diese haben nur 6 Theile von den Hauptfarben des untern Fachs und dagegen jede 2 Theile weiß beygemischt. In dem dritten sind 15 Farben, die drey noch heller gemachte Hauptfarben und 12 Mittelfarben, jede zu 4 Theilen der Hauptfarben des untersten Fachs mit 4 Theilen Weiß; und so geht es ferner fort, nur mit langsamern Schritten der Zunahme der Blässe, bis zum obersten Fache, welches ein einziges weißes Quadrat enthält. Calau, königl. Hofmaler, hat um diese Untersuchung große Verdienste, theils durch den Beystand, welchen er Lambert'en dabey geleistet, theils durch die wirkliche Ausführung der Vertheilung der Farben, wozu er auf eine höchst vortheilhafte Art die von ihm erfundene eleodorische Malerey, oder die Kunst, mit einer gewissen Art von Wachs, nach Art der Alten, zu malen, gebraucht hat.

Beobachtungen und Entdeckungen, welche die Zurückwerfung des Lichts angehen.

Nach Newton haben vorzüglich die beyden großen Männer, Bouguer und Lambert, die Lehre vom Lichte zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gebracht. Die Hauptbeschäftigung ihrer Untersuchungen ging besonders dahin, die Stärke des Lichts, sowohl

sowohl des von den Körpern ausgehenden, als zurückgeworfenen oder gebrochenen zu messen. Bouguer's Betrachtungen sind zwar sehr schätzbar, allein sie umfassen doch das Ganze nicht, sondern liefern nur Bruchstücke aus diesem äußerst wichtigen Gegenstande, und selbst diese nicht ausführlich. Dagegen wurde dieser schwere Theil der Optik, die Ausmessung des Lichts, durch Lambert'en mit einemmahle der Vollkommenheit so nahe gebracht, wie eine andere Wissenschaft wohl nie von einem einzigen Manne.

Bouguer wurde zu seinen Untersuchungen durch einen Aufsatz von Mairan in den Pariser Memoiren von 1721 veranlaßt, worin das Verhältniß des Sonnenlichts zur Zeit des einen und andern Stillstandes als bekannt angenommen wurde. Seine Bemühung, das bisher als ausgemacht Angenommene zu prüfen, leitete ihn auf mancherley Versuche, und öffnete ihm ein neues Feld optischer Kenntnisse. Seine erste Arbeit, die er der gelehrten Welt im Jahre 1729 übergab [k]), ward mit allgemeinem Beyfall aufgenommen. Nach der Zeit aber untersuchte er diesen Gegenstand viel genauer, und seine Bemühungen bestimmten ihn, ein weit größeres Werk darüber abzufassen; allein wegen mancherley Abhaltungen konnte er seine Arbeit nicht so früh zu Stande bringen, als er es sich vorgenommen hatte, so daß er damit kurz vor seinem 1758 erfolgten Tode fertig geworden war. Die Herausgabe seines Werks besorgte sein Freund, de la Caille [l]).

Inzwischen hatte der Graf Büffon [m]) einige Erfahrungen über den Verlust, welchen das Licht durch die

k) Essai d'optique. à Paris 1729. 12.
l) Traité d'optique. à Paris 1760. 4.
m) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1747.

die Zurückwerfung unter mancherley Umſtänden erleidet, ſo wie auch über den Verluſt, welchen das Licht beym Durchgange durch eine lange Strecke Luft leidet, gemacht, welche daher auch zuerſt kürzlich erzählt werden ſollen.

Dieſer ließ das Sonnenlicht in ein finſteres Zimmer fallen, und verglich es mit eben dieſem Lichte, das von einem Spiegel reflektirt ward, woraus er ſchloß, daß in kleinen Entfernungen, als von 4 bis 5 Fuß, ohngefähr die Hälfte durch die Zurückwerfung verloren ginge. Denn als er zwey reflektirte Strahlen auf denſelben Fleck leitete, und das Licht mit dem gerade auffallenden verglich, ſchien ihm beydes einerley Stärke zu beſitzen.

Als er das Licht in größern Entfernungen, z. B. 100, 200, 300 Fuß auffing, verlor es, ſo viel er bemerken konnte, von ſeiner Intenſität nichts dadurch, daß es durch eine ſolche Strecke Luft gehen mußte.

Nachher ſtellte er denſelben Verſuch mit dem Kerzenlichte an. Er ſetzte ſich nämlich, in einem vollkommen finſtern Zimmer, einem Spiegel gegenüber mit einem Buche in der Hand. In einem daran ſtoßenden Zimmer ließ er, etwa 40 Fuß entfernt, eine einzige Kerze anzünden, und ſie allmählig näher bringen, bis daß er die Buchſtaben in dem Buche unterſcheiden konnte, welches in einer Entfernung von 24 Fuß der Kerze von dem Buche geſchah. Darauf kehrte er das Buch gegen den Spiegel, um vermittelſt eben dieſes zurückgeworfenen Lichts zu leſen, wobey er alles Licht ausſchloß, was nicht von dem Spiegel auf das Buch fiel, und fand, daß er, um die Buchſtaben erkennen zu können, das Licht dem Buche bis auf

15 Fuß nähern lassen mußte; die Entfernung des Buchs vom Spiegel war nur einen halben Fuß. Er wiederholte diesen Versuch einige mahl, und fand fast immer den nämlichen Erfolg, woraus er also schloß, daß die Menge des gerade auffallenden Lichts sich zu der Menge des zurückgeworfenen wie 576 zu 225 verhalte, oder daß fünf Kerzen, deren Licht von einem Glasspiegel zurückgeworfen wird, ohngefähr so viel Wirkung thun, als das gerade auffallende von zwey Kerzen.

Aus diesen Versuchen erhellet, daß das Kerzenlicht durch die Zurückwerfung mehr Verlust erleidet, als das Sonnenlicht, welches Buffon dem Umstande zuschreibt, daß jenes mehr aus einander fährt, und daher schiefer auf den Spiegel fällt, als das Licht der Sonne, deren Strahlen fast parallel sind.

Weit vollständiger und genauer, als diese von Buffon gemachten Erfahrungen, sind die Versuche von Bouguer. Gleich beym Eingange seines größern Werkes beschreibt er die mancherley Vorrichtungen, die er gemacht hat, um seine Versuche mit der größten Genauigkeit und Vorsicht anzustellen, und wodurch er sich vermuthlich gegen ähnliche Vorwürfe verwahren wollte, welchen die wenigen vor ihm gemachten Versuche dieser Art ausgesetzt gewesen waren. Um die verschiedene Stärke des Lichts zu messen, wußte er die Körper, von welchen es ausging, oder welche davon erleuchtet wurden, so zu stellen, daß er sie zu gleicher Zeit deutlich betrachten konnte, und veränderte entweder die Entfernungen dieser Körper, oder modificirte ihr Licht auf andere Art so lange, bis er keinen Unterschied mehr daran wahrnehmen konnte. Aus ihren Entfernungen, oder andern Umständen,

wel-

welche auf die Erleuchtung einen Einfluß hatten, berechnete er alsdann das Verhältniß der Erleuchtung in denſelben Entfernungen oder unter denſelben Umſtänden.

Wenn er die Größe des verlornen Lichts bey der Zurückwerfung beſtimmen wollte, ſetzte er den Spiegel (fig. 55.) b, womit er Verſuche anſtellen wollte, völlig ſenkrecht, ſtellte zwey Täfelchen, welche genau von einerley Farbe waren, in einer vollkommen parallelen Lage mit einander, in c und d, und ließ das Licht einer Lampe oder Kerze, die auf der geraden Linie ed zwiſchen ihnen geſtellt war, auf beyde fallen. Darauf ſtellte er ſich in a ſo, daß er das Täfelchen e und das Bild des Täfelchen d, welches der Spiegel b zurückwarf, zu gleicher Zeit hart neben einander erblickte. Hierauf ließ er die Lampe längſt der Linie ed ſo lange verrücken, bis beyde Flächen ihm völlig gleich erleuchtet ſchienen. Nun hatte er nichts weiter zu thun, als die Entfernungen ep und dp zu meſſen, deren Quadrate nämlich das Verhältniß der Verminderung des Lichts durch die Zurückwerfung angeben. Denn wenn der Spiegel alles auffallende Licht wieder zurückſendete, ſo müßte die Lampe in c, in gleicher Entfernung von beyden Täfelchen geſetzt worden ſeyn, wenn beyde gleich ſtark erleuchtet ſcheinen ſollten. Weil aber durch die Reflexion viel Licht verlohren geht, ſo können beyde Flächen nicht gleich helle ſcheinen, wofern nicht die Lampe näher an das Täfelchen, das durch zurückgeworfenes Licht ſichtbar wird, zu ſtehen kömmt.

Wenn das Licht ſehr ſchief auf den Spiegel fallen ſollte, ſo wählte er folgendes Verfahren. Die Lampe oder die Kerze p (fig. 56.) ward nahe bey dem Spiegel b entweder darüber oder ein wenig zur Seite geſtellt,

gestellt, und die Täfelchen d und e fast senkrecht davon erleuchtet. Jenes sahe man durch die Zurückstrahlung im Spiegel, welche unter einem kleinen Winkel geschah, dieses durch das gerade daher kommende Licht hart neben dem Bilde des erstern. Darauf ward das Täfelchen e so lange von dem Spiegel weggerückt, bis daß es nicht heller schien, als das Bild des Täfelchens d. Die Quadrate der Entfernungen p e und p d geben das Verhältniß der Stärke des auffallenden und zurückgeworfenen Lichts an.

Bey diesen Versuchen durfte kein Licht, als von dem Täfelchen d, auf den Spiegel fallen, so wie auch das Auge im Schatten seyn mußte.

Um den Verlust des Lichts durch die Zurückwerfung aufs genaueste zu bestimmen, ließ Bouguer zwey Lichtstrahlen in ein dunkles Zimmer fallen, nämlich durch die Oeffnungen (fig. 57.) p und q, die er so angebracht hatte, daß er sie höher und niedriger, größer oder kleiner machen konnte, und stellte in o einen Spiegel horizontal, oder auch ein Gefäß mit einer flüssigen Materie, wovon das durch p einfallende Licht nach r auf dem Rahmen g h hingeworfen ward. Hier verglich er es mit dem Lichte, welches durch das Loch q auf s fiel, und machte dieses Loch so viel kleiner als p, daß die Räume bey r und s gleich stark erleuchtet waren. Aus dem Verhältnisse der Oeffnungen p und q berechnete er die Größe des Verlustes durch die Zurückwerfung bey o.

Um den Unterschied der Lichtmenge, welche Glas und polirtes Metall zurückwirft, zu bestimmen, nahm er ein recht reines Stück Glas eine Linie dick, welches er besonders dazu mit Folium belegen ließ, und fand,

daß, wenn es unter einem Winkel von 15 Grad gegen die auffallenden Strahlen geneigt war, von 1000 auffallenden 628 zurückgeſandt wurden, da hingegen ein metallener Spiegel unter denſelben Umſtänden nur 561 zurückwarf. Bey einem kleinern Neigungswinkel ward mehr Licht reflektirt; denn bey einem Winkel von drey Grad warf der gläſerne Spiegel 700 zurück, der metallene ſchwächte das Licht auch weniger, als vorher.

Er unterſuchte auch die Zurückwerfung des Lichts von unpolirten Körpern, und fand, daß ein Stück weißer Gyps, auf welches die Strahlen einer 9 Zoll davon entfernten Kerze, unter einem Winkel von 75 Grad, fielen, den 150ſten Theil des auffallenden Lichts auf eine 3 Zoll entfernte Fläche zurückſendete. Feines weißes Papier verhielt ſich eben ſo.

Ehe er nun ſeine Unterſuchungen über die Zurückwerfung des Lichts fortſetzte, ſchickte er folgende zwey Lehrſätze voraus, die er geometriſch bewieß. Der erſte: wenn der leuchtende Körper unendlich weit entfernt iſt, und eine vollkommene polirte Kugel, die gar kein Licht verſchluckt, davon erleuchtet wird, ſo wirft dieſe Kugel das Licht nach allen Seiten herum in gleicher Stärke zurück, wofern man es in einer ſehr weiten Entfernung auffängt. Hievon wird bloß derjenige Raum ausgenommen, welchen der Schatten der Kugel fällt, den man aber gegen den unermeßlichen Umfang der ſphäriſchen Fläche, auf welcher das zurückgeworfene Licht verbreitet wird, wie nichts zu rechnen hat. Der zweyte: es wird nach einer gewiſſen Richtung immer gleich viel Licht zurückgeworfen, es mag von einer großen Menge neben einander liegender kleiner polirter Halbkugeln, oder von einer kleinern Menge

größerer Halbkugeln, oder endlich von einer einzigen Halbkugel zurückgesandt werden, wenn sie nur jedesmal dieselbe Grundfläche bedecken. Diese Lehrsätze dienen ihm, zu beurtheilen, ob der Verlust des Lichts bey der Zurückwerfung hauptsächlich von einer Vernichtung der Strahlen herrührt; oder daher entsteht, daß die kleinen Erhöhungen oder Ungleichheiten auf der Oberfläche der Körper nicht wie kleine Halbkuzeln betrachtet werden können.

Zuerst bemerkt er, daß bey der Zurückstrahlung des Lichts vom Quecksilber wenigstens ein Viertheil verlohren geht, und daß vermuthlich kein Körper weniger Licht verschlucke. Der Einfallswinkel betrug $11\frac{1}{2}$ Grad, worunter er den Winkel der Strahlen mit der Fläche, nicht mit dem Perpendikel, versteht.

Die merkwürdigsten hieher gehörigen Beobachtungen sind die, welche den großen Unterschied der Menge des zurückgeworfenen Lichts zeigen, nachdem es unter einem kleinern oder größern Winkel auffällt. Ueberhaupt, sagt er, ist bey kleinen Neigungswinkeln die Zurückwerfung stärker, als bey größern. Sehr groß ist der Unterschied, wenn die Strahlen mit verschiedenen Neigungen auf sehr durchsichtige Körper fallen; allein auch an gewissen undurchsichtigen Körpern ist er fast eben so groß, und es ist kein Körper, bey dem er sich nicht äußerte. Am meisten zeigte er sich am schwarzen Marmor, welcher zwar keine vollkommene Politur hatte, und doch unter einem Neigungswinkel von 3 Grad 25 Minut. fast eben so viel Licht, wie Quecksilber, zurückwarf. Von 1000 Strahlen, die darauf fielen, warf er 600 wieder zurück; allein bey einem Neigungswinkel von 15 Graden warf er nur 156 zurück, bey 30 Graden nur 51, und bey 80

Graden nur 23. Dergleichen Verſuche ſtellte er auch mit metallenen Spiegeln an, bey welchen ſich aber weit geringere Unterſchiede zeigten.

Der große Unterſchied der Lichtmenge, welche von der Oberfläche des Waſſers unter verſchiedenen Neigungswinkeln zurückgeſandt wird, iſt in der That unerwartet; am meiſten aber fällt er in die Augen, wenn man die kleinen Neigungswinkel mit ſolchen vergleicht, die dem rechten nahe kommen. Er glaubte ſogar zu bemerken, daß bey ſehr kleinen Neigungswinkeln Waſſer noch mehr Licht zurückwerfe, als Queckſilber. Bey den kleinſten Neigungswinkeln war das vom Waſſer zurückgeworfene Licht drey Viertheile des auffallenden.

Jeder wird, bemerkt er weiter, die ſtarke Zurückwerfung des Lichts von der Oberfläche des Waſſers wahrgenommen haben, wenn er an dem Rande eines Teiches, der Sonne gegen über, bey heiterm und ſtillem Wetter ſpatzieren gegangen iſt. Alsdann iſt das zurückgeworfene Licht mannichmal der dritte Theil, die Hälfte, oder ſelbſt noch ein größerer Theil des gerade von der Sonne herkommenden Lichts, und beydes zuſammen muß nothwendig einen ſtarken Eindruck machen. Das gerade Sonnenlicht nimmt in einem gewiſſen Verhältniſſe ab, je niedriger die Sonne ſteht, da hingegen das zurückgeworfene zunimmt, ſo daß es eine gewiſſe Höhe der Sonne, nämlich 12 bis 13 Grade, giebt, bey welcher die vereinte Wirkung des gerade auffallenden und des zurückgeworfenen Lichts ein Größtes iſt.

Im Gegentheil iſt die Zurückwerfung des Lichts vom Waſſer bey großen Neigungswinkeln ſehr ſchwach. Von dem faſt ſenkrecht auffallenden Lichte, ſagt Bouguer,

guer, werfe Wasser gewiß etwa nur den 37ten Theil so viel, als Queckſilber in dem nämlichen Falle zurück, und es mache, nach allen Beobachtungen, das zurückgeworfene Licht in diesem Falle nur den 60ſten, oder vielmehr den 55ſten Theil des auffallenden aus. Bey einer Neigung von 50 Graden wirft Wasser etwa den 32ſten Theil so viel, als Queckſilber zurück; bey einer Neigung aber von 39 Grad schon zweymal mehr, nämlich den 16ten Theil deſſen, was Queckſilber zurückwirft.

Um die Menge des von verschiedenen flüſſigen Körpern zurückgeworfenen Lichts mit einander zu vergleichen, nahm er das Wasser als das bequemste zum gemeinschaftlichen Maaße, und verfertigte theils aus Beobachtungen, theils durch Rechnung, folgende Tafel der Lichtmengen, welche die Oberfläche des Wassers unter beygefügten Neigungswinkeln zurückſendet

Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworf.	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworf.
$\frac{1}{2}$	721	$17\frac{1}{3}$	178
1	692	20	145
$1\frac{1}{2}$	669	25	97
2	639	30	65
$2\frac{1}{2}$	614	40	34
5	501	50	22
$7\frac{1}{2}$	409	60	19
10	333	70	18
$12\frac{1}{2}$	271	80	18
15	211	90	18

Auf dieſelbe Art verfertigte er auch eine Tafel der Lichtmengen, die Spiegelglas, aber ohne belegt zu ſeyn, zurückſendet.

Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen
$2\frac{1}{2}$	584	15	299	50	34
5	543	20	222	60	27
$7\frac{1}{2}$	474	25	157	70	25
10	412	30	112	80	25
$12\frac{1}{2}$	356	40	57	90	25

Gießt man etwas Waſſer auf Queckſilber, ſo müſſen von jedem Objekte zwey Bilder zu ſehen ſeyn, eins nämlich durch die Zurückſtrahlung von der Oberfläche des Waſſers, das andere durch die von der Oberfläche des Queckſilbers. Bey großen Neigungswinkeln verſchwindet das Bild von der Oberfläche des Waſſers, weil es zu wenig Licht ins Auge ſendet, und man ſieht nur das Bild von der Oberfläche des Queckſilbers. Je ſchiefer man das Auge gegen die Oberfläche des Queckſilbers hält, deſto heller wird das von dem Waſſer verurſachte Bild, und das von dem Queckſilber verurſachte deſto ſchwächer, weil das Waſſer alsdenn mehr Strahlen zurückſendet, folglich deſto weniger auf das Queckſilber fallen und von demſelben zurückgeworfen werden können, bis daß bey einem Neigungswinkel von 10 Grad beyde Bilder gleich helle ſind. Unter dieſem Winkel werden nämlich von 1000 Strahlen 333 zurückgeſendet; von den übrigen, die durchgehen, bleiben nach der Zurückwerfung an der Queckſilberfläche nur 500, von welchen endlich bey dem Herausfahren durch die Zurückwerfung in das Waſſer hinein nur 333 bleiben, um das Bild von der Oberfläche des Queckſilbers zu bilden.

Einige, und beſonders Edwards n) haben bemerkt, daß mit den Strahlen, die aus Waſſer in Luft

n) Philoſoph. Tranſact. Vol. LIII. p. 229.

Luft fahren wollen, eine starke Zurückwerfung vorgeht; auch haben Personen, die sich unter Wasser befunden, die Bilder der Gegenstände unter dem Wasser besonders schön und deutlich gesehen; indessen hatte man bis dahin auf diesen Umstand keine gehörige Aufmerksamkeit gerichtet, bis daß ihn Bouguer genauer untersuchte, welcher an dieser Erscheinung viel Merkwürdiges fand. In dem gegenwärtigen Falle, sagt er, wird von den kleinsten Neigungswinkeln an, bis zu einem gewissen Winkel, der größte Theil der Strahlen vielleicht eben so stark, als von der Oberfläche metallener Spiegel oder Queckſilber, zurückgeworfen, und das übrige, welches nicht in die Luft geht, ausgelöscht oder verschluckt, so daß die Oberfläche des durchsichtigen Körpers inwendig ganz dunkel erscheint. Wird der Neigungswinkel um ein Paar Grade größer, so hört die starke Zurückwerfung gleich auf, ein großer Theil der Strahlen geht in die Luft, und nur wenige werden verschluckt, oder unwirksam gemacht. So wie der Neigungswinkel zunimmt, wird des reflektirten Lichts immer weniger, und die fast senkrecht auffallenden Strahlen fahren beynahe alle aus dem durchsichtigen Körper heraus, dessen Oberfläche fast alle ihre Kraft, das Licht zu verschlucken, verliert, und fast eben so durchsichtig wird, wie sie es von der andern Seite ist, oder, als wenn sie das Licht von außen bekommt.

Die Eigenschaft, das Licht zu verschlucken, oder unwirksam zu machen, welche an den Oberflächen durchsichtiger Körper sich findet, ist in der That merkwürdig, und ist, wie es scheint, von Niemanden vor Bouguer bemerkt worden. Es ist bereits im dritten Theile angeführt, daß Newton gemuthmaßt habe, die Lichtstrahlen möchten bloß durch den Anstoß gegen

die dichten Theilchen der Körper entkräftet werden; allein Bouguer's Bemerkungen zeigen, daß es ſich ganz anders verhält, und daß man dieſes Ereigniß nicht den dichten Theilchen der Körper zuzuſchreiben habe, deren in einem langen Striche Waſſers mehrere, als eben bey dem Ausgange aus Waſſer in Luft ſeyn müſſen. Vielmehr muß es von einer bloß an der Oberfläche der Körper befindlichen Kraft herrühren, welche demnach vermuthlich einerley mit derjenigen iſt, welche das Licht zurückwirft, es bricht oder beugt.

Eine der erwähnten Beobachtungen, nämlich, daß unter gewiſſen Neigungswinkeln das Licht ſehr ſtark von der Luft weg in das dichtere Mittel zurückgeworfen wird, hat man ſonſt ſchon häufig gemacht; beſonders an gläſernen Prismen, welche Newton deßwegen ſtatt eines Reflektirſpiegels in ſeinem Teleſkope brauchte. Denn wenn die Strahlen innerhalb dieſer Prismen unter einem Winkel von 10, 20, bis 30 Grad auf die gemeinſchaftliche Fläche des Glaſes und der Luft fallen, ſo iſt die Zurückſtrahlung faſt ſo ſtark, als an der Oberfläche des Queckſilbers, indem ein Drittheil oder Viertheil der Strahlen verſchluckt, und zwey Drittheile oder drey Viertheile zurückgeworfen werden. Dieſes dauert faſt gleich ſtark bis zu einem Neigungswinkel von 49° 49′, da bey einem um einen einzigen Grad größern Winkel die Menge des zurückgeworfenen Lichts plötzlich abnimmt, und ein großer Theil der Strahlen aus dem Glaſe fährt, ſo daß die Oberfläche mit einemmale durchſichtig wird.

Alle durchſichtige Körper haben dieſelbe Eigenſchaft, mit dem Unterſchiede, daß der Neigungswinkel, wo die ſtarke Zurückwerfung aufhört, in einigen größer, in andern kleiner iſt. Im Waſſer iſt dieſer Win-

Winkel etwa 41° 32′, und in jedem andern Mittel hängt er von dem unveränderlichen Brechungsverhältnisse ab, so daß man daraus diese Erscheinung, wenigstens was die zufällige Undurchsichtigkeit der Oberfläche betrifft, erklären kann.

Die Menge des von der innern Fläche zurückgeworfenen Lichts bey großen Neigungswinkeln zu messen, fand Bouguer erst große Schwierigkeiten, hauptsächlich wegen der mancherley Veränderungen, welche das Licht erlitt, ehe es in sein Auge kam; doch fiel er zuletzt auf eine Vorrichtung, durch welche er herausbrachte, daß bey einem Neigungswinkel von 75 Graden die innere Zurückwerfung im Glase das Licht 27 bis 28 mal verminderte; da hingegen bey der Zurückwerfung an der äußern Fläche bey demselben Neigungswinkel nur der 36ste Theil der Strahlen ins Auge kam, so daß die innere Zurückwerfung etwas stärker, als die äußere ist. Bisweilen fand er beyde Zurückwerfungen gleich stark, gewöhnlich aber die innere doch etwas stärker als die äußere.

Zur Fortsetzung der Untersuchungen über die Verminderung des Lichts, welche von der schiefen Zurückwerfung unpolirter Körper entsteht, verglich er die Erscheinungen bey gerade und schief auffallendem Lichte. Er nahm sehr sauber matt geschliffene Silberplatten, die weißer als das schönste Papier waren, stellte die eine 60 Zoll weit vom Lichte, unter einem Winkel von 75 Graden gegen die Lichtstrahlen; nun mußte er die andere, welche das Licht senkrecht erhielt, 67 Zoll vom Lichte entfernen, damit jene ihr am Lichte gleich kommen möchte. Diesen Versuch machte er auch unter andern Winkeln, und verfuhr mit sehr weißem Gyps und holländischem Papiere eben so. Die

Reſultate ſeiner Beobachtungen ſind in folgender Tafel enthalten, in welcher die Stärke des Lichts, welche die Fläche bey ſenkrecht auffallenden Strahlen hat, durch 1000 ausgedruckt iſt.

Neigungswinkel	Stärke des zurückgeworfenen Lichts von		
Grade	matt polirtem Silber	Gyps	holländiſchem Papiere
90	1000	1000	1000
75	802	762	971
60	640	640	743
45	455	529	507
30	319	352	332
15	209	194	203

Wenn man ſich die Ungleichheiten auf der Oberfläche der undurchſichtigen Körper als eine Menge kleiner auf alle Arten geneigter Ebenen vorſtellt, ſo ſieht man aus dieſen Beobachtungen, daß es dergleichen weniger giebt, die das Licht bey kleineren Neigungswinkeln zurückſenden, als bey großen. Bouguer berechnet das Verhältniß der Mengen der kleinen Flächen, welche das unter verſchiedenen Neigungen auf die Hauptfläche auffallende Licht ſenkrecht auffangen und zurückſenden, wie folgende Tafel zeigt:

Neigung der kleinen Flächen gegen die große	Vertheilung der kleinen Ebenen, aus welchen die Ungleichheiten beſtehen, in		
	Silber	Gyps	holländ. Papier
0 Grad	1000	1000	1000
15 —	777	736	937
30 —	554	554	545
45 —	333	374	358
60 —	161	176	166
75 —	53	50	52

Die

Diese Veränderungen in der Anzahl der kleinen Ebenen stellt er durch die Ordinaten einer krummen Linie dar, und untersucht darauf geometrisch, wie die Wirkung ausfallen würde, wenn der Körper nach einer Richtung erleuchtet, und nach einer andern gesehen würde; und löst hieraus verschiedene Aufgaben auf, z. B. wenn die Lage des Auges gegeben ist, den Winkel zu finden, unter welchem der Körper gegen das Licht geneigt werden muß, um das möglichst meiste Licht zurückzuwerfen; oder, wenn die Lage des leuchtenden Körpers gegen eine matt polirte Fläche gegeben ist, die Richtung zu finden, in welcher das Auge sich befinden muß, damit die Stärke des zurückgeworfenen Lichts ein Größtes sey.

Weil einige Planeten, unter andern die Venus und der Mond, gegen den Rand zu heller, als um den Mittelpunkt scheinen, so schließt Bouguer daher aus der angeführten Theorie, daß die Körper auf denselben eine andere Beschaffenheit, als die auf unserer Erde haben, und daß ihre undurchsichtigen Oberflächen aus kleinen Ebenen bestehen müssen, welche gegen die Hauptfläche anders geneigt sind, als bey den Körpern auf unserer Erde; wie auch, daß es auf ihnen eine unendliche Menge von Punkten giebt, die genau gleichen Glanz besitzen.

Hiernächst sucht er die Größe der Oberflächen zu bestimmen, welche die kleinen Ebenen nach jeder besondern Neigung einnehmen. Diese leitet er aus der Menge des Lichts her, welches jede auf gleiche Art geneigte Ebenen zurücksenden; wobey er diejenigen, die gegen die Hauptebene mehr geneigt sind, verhältnißmäßig weniger Raum einnehmen läßt. Aus der Vergleichung der Lichtmenge, welche sehr weißer Gyps

nach

nach dieſer Rechnung zurückſenden ſollte, wenn er unter einem Winkel von 75 Grad gegen die Lichtſtrahlen geneigt iſt, mit derjenigen, welche er wirklich zurückſendet, findet er, daß er, ſeiner glänzenden Weiße ungeachtet, doch viel Licht verſchluckt. Denn da von 10000 auffallenden Strahlen 166 oder 167 zurückgeworfen werden ſollten, ſo kommen wirklich nur 67 zurück, daß alſo von 167 Strahlen 100 verſchluckt werden, welches faſt $\frac{3}{5}$ ſind. Von dem Monde berechnet er, daß von 300000 Strahlen, welche er uns zurückſenden ſollte, 172000 oder wohl gar 204100 verſchluckt werden.

Endlich unterſucht er noch zwey Fragen, erſtlich, ob die kleinen Flächen der Ungleichheiten auf der Oberfläche der Körper die parallel auffallenden Strahlen parallel zurückſenden, oder ſie wie convexe Flächen zurückwerfen? Er glaubt, man könne ſie als eben betrachten, in ſo fern man ein Mittel zwiſchen den convexen und concaven Ungleichheiten nimmt. Sonſt aber möchten die Strahlen wohl immer von einem wirklichen oder virtualen Vereinigungspunkte ausfahren, und ſich nach der Zurückſtrahlung von einander je weiter je mehr entfernen.

Zweytens fragt er, was aus den Strahlen werde, die von einer kleinen Unebenheit zur andern zurückprallen? Selten, ſagt er, müſſe der Fall ſeyn, daß Strahlen nach zwey Zurückwerfungen ins Auge kommen können, ſondern ſie werden meiſtens ſich in den kleinen Unebenheiten verlieren, und den Körper zu erwärmen dienen.

Nunmehr ſtellte Bouguer auch Unterſuchungen über die Licht-Zurückwerfung des Körpers innerhalb durch-

durchsichtiger Körper an. Ohne Zweifel giebt es keinen durchsichtigen Körper, welcher alles auffallende Licht durchgehen ließe, vielmehr lehrt die Erfahrung, daß bloß ein Theil durchgehe, ein anderer unwirksam gemacht, und noch ein anderer zurückgeworfen werde. Die Methode, welche Bouguer gebrauchte, den Verlust des Lichts in durchsichtigen Körpern zu messen, stellt die fig. 58. vor, wo b einen durchsichtigen Körper bedeutet, auf welchem das Licht p steht, das die beyden Täfelchen d und e fast senkrecht erleuchtet. Das erste Täfelchen wird durch den durchsichtigen Körper b gesehen, das andere aber zu eben der Zeit mit bloßem Auge bey a. Beyde Erleuchtungen dem Auge gleich stark darzustellen, muß das Täfelchen e weiter fortgerückt werden. Die Quadrate der Entfernungen der Täfelchen vom Lichte gaben das Verhältniß der Verminderung des Lichts.

Auf diese Weise ließ Bouguer das Licht durch 16 Stücke gemeines Fensterglas fallen, welche zusammen $9\frac{1}{2}$ Linien dick waren, und fand, daß es 247 mal geschwächt ward. Auch nahm er 6 Stück Spiegelglas, zusammen $11\frac{1}{2}$ Linien dick, und fand, daß das Licht im Verhältnisse von 100 zu 27 vermindert ward. Allein ein einziges Stück 3 Zoll dick verminderte das Licht kaum zur Hälfte.

Mit dem klarsten Seewasser, das er zu Croisie bekommen konnte, füllte er einen 115 Zoll langen Kasten an, welcher an seinen Enden mit zwey Stücken Glas verschlossen war, und fand, daß das Licht auf dem Wege dadurch im Verhältnisse von 14 zu 5, und genauer in dem von 169 zu 64 geschwächt ward. Er hält aber diese Versuche selbst für fehlerhaft, weil er unter dem heißen Erdstriche gefunden hatte, daß man

daselbst

daſelbſt den Boden des Meeres auf eine Tiefe von 100 bis 120 Fuß wahrnehmen kann, wenn der Boden aus weißem Sande beſteht und die Sonne hoch iſt. Er glaubt, daß das Licht in einer Länge von 10 Fuß durch Seewaſſer nur in dem Verhältniſſe von 5 zu 3 oder gar nur von 5 zu $3\frac{1}{2}$ geſchwächt werde.

Er betrachtete durch ein länglichtes Stück Glas einen Gegenſtand, z. B. ein Täfelchen, und ein anderes durch vier ein wenig von einander entfernte Stücke Glas, welche zuſammen genau dieſelbe Länge wie jenes hatten. Sie waren gegen die Täfelchen unter einem Winkel von 75 Graden geneigt. Aus der Vergleichung der Entfernungen der Täfelchen von dem Lichte, welches ſie erleuchtete, fand er, daß das Licht durch die ſechs Zurückwerfungen an den drey hintern Stücken in dem Verhältniſſe von 360000 zu 243049 geſchwächt ward, alſo durch jedes in dem Verhältniſſe 1000 zu 877. Die Zurückwerfung eines jeden Stücks an der Vorderfläche nahm nach den obigen Erfahrungen den 36ſten Theil weg, ließ alſo von 1000 Strahlen 972 übrig; die an der Hinterfläche nahm den 27 bis 28ſten Theil weg, verminderte folglich die 972 Strahlen auf 936. Es giengen aber nur 877 wirklich durch, folglich giengen 59 Strahlen verlohren, das iſt etwa der 16te Theil des Lichts. Dieſen Verluſt ſchreibt er der Hinterfläche zu, welche ſo zu wirken fortfährt, als wenn ſie noch nicht völlig durchſichtig wäre. Bey allen mäßigen Neigungen, von der kleinſten bis zu 49 Grad 49 Minut. verzehrte ſie den dritten oder vierten Theil des Lichts, worauf ſie plötzlich, wie ſchon bemerkt iſt, einen weit kleinern Theil verzehrt, und, wie jetzt gefunden ward, bey faſt ſenkrechten Strahlen noch dieſe Eigenſchaft in etwas

behält.

behält. Bey ähnlichen Versuchen fand Bouguer zwar nicht genau dasselbe Resultat, doch bewiesen sie ihm beständig, daß Licht verlohren gegangen sey. Es schien ihm, daß er den Verlust der verlohren gegangenen Strahlen auf $\frac{1}{27}$ oder $\frac{1}{28}$ des Lichts, so groß, wie den von der Hinterfläche des Glases zurückgeworfenen Theil setzen könnte. Diese Beobachtungen geben einen neuen Beweis ab, daß den Oberflächen eine vor Bouguer nicht bemerkte Kraft zukommt, die auf die Strahlen noch anders wirkt, als es bey der Zurückwerfung, Brechung und Beugung geschieht, nämlich die Kraft, die Strahlen unwirksam zu machen, welche Newton bloß den dichten Theilchen der Körper zugeschrieben hatte.

In dem zweyten Abschnitte des dritten Buchs giebt Bouguer die Auflösung einiger artigen Aufgaben über die Durchsichtigkeit der Körper. Da sie aber keine neuen optischen Entdeckungen enthalten, so ist es hier hinreichend, nur ein Paar Beyspiele der letzten Aufgabe anzuführen, in welcher gezeigt wird, wie man die Dicke eines durchsichtigen Mittels zu berechnen hat, bey welcher er ganz undurchsichtig wird. Hiezu wird erfordert, daß man wisse, in welchem Verhältnisse das Licht geschwächt werde, wenn es einen gewissen Weg in einem Mittel zurücklegt, woraus man, weil die Stärke desselben im geometrischen stetigen Verhältnisse abnimmt, berechnet, wie weit es zu gehen habe, damit es so schwach werde, daß es für das Auge unempfindlich wird.

Seewasser, sagt er, würde bey einer Dicke von 679 Fuß alle seine Durchsichtigkeit verliehren, und die Luft würde, wenn sie sich auf 518385 Klafter in die Höhe, mit der Dichtigkeit, die sie bey uns hat,

erstreck-

erſtreckte, ſo undurchſichtig werden, daß wir von den Himmelskörpern kein Licht bekommen könnten, ſondern in einer ſtockfinſtern Nacht begraben wären.

Hierauf unterſucht Bouguer die Verminderung des Lichts, welche es auf dem Wege durch ein ungleich dichtes Mittel leidet, dergleichen die Luft iſt. Er ſetzt hiebey die Strahlenbrechung bey Seite, weil ſie die Brechung nur viel verwickelter und doch wenig genauer machen würde, da ſie nicht einmal 2 Drittheil eines Grades beträgt. Er nimmt hiebey mit Mariotte an, daß die Dichtigkeit der Luft ihrer Zuſammendruckung proportional ſey, woraus folgt, daß die Dichtigkeiten der Schichten in der Atmoſphäre in geometriſcher Progreſſion abnehmen, wenn die Höhen in arithmetiſcher wachſen. Hieraus berechnet er theils die ganze Luftmaſſe nach ſenkrechter Richtung, in Vergleichung mit der gröbern Luft an der Erdfläche, theils nach einer jeden andern Richtung, wo ſie nothwendig größer ausfallen muß, als nach jener. So beträgt eine ſenkrechte Luftſäule der allmählich verdünnten Luft ſo viel, als eine eben ſo weite und 3911 Toiſen hohe Säule gleichförmig dichter Luft, wie ſie an der Erdfläche iſt, wenn man die Barometerbeobachtungen des de la Hire zum Grunde legt. Sie würde nach den in Peru von Bouguer ſelbſt angeſtellten 7197 Toiſen hoch ſeyn. Die Maſſe der in einer geneigten Luftſäule enthaltenen ungleich dichten Luft bringt er nach eben dieſen Vorausſetzungen auf eine gleichförmig dichte Luftſäule, und nimmt an, daß das Licht in jener eben den Verluſt wie in dieſer erleidet. Er hatte beobachtet, daß wenn der Mond von 66° 11′ ſcheinbarer Höhe bis zu 19° 16′ herunterſteigt, das Licht in dem Verhältniſſe 2500 zu 1681 abnahm,

und

und weil er die Luftmassen, durch welche das Licht in diese Höhen geht, berechnet hatte; so gab ihr Unterschied zu erkennen, wie viel auf einem gewissen Wege, durch die auf eine gewisse gleichförmige Dichtigkeit reducirte Luft, das Licht geschwächt werde, woraus er ferner für jede andere Höhe und die dazu gehörige Luftmasse die Schwächung des Lichts berechnen konnte. Aus diesen seinen Rechnungen zog er folgende Tafel der in der Atmosphäre enthaltenen Luftmassen, und der Stärke des Lichts der Himmelskörper, welche es nach dem Durchgange durch diese Massen noch hat:

Scheinbare Höhe der Gestirne	Betrag d. Luftmassen in grober Luft	Stärke des Lichts d. Gestirne n. d. Durchgange
Grade	Toisen	
90	3911	8123
80	3971	8098
70	4162	8016
66 11′	4275	7968
65	4315	7951
60	4516	7866
55	4776	7759
50	5104	7624
45	5530	7454
40	6086	7237
35	6813	6963
30	7784	6613
25	9191	6136
20	11341	5774
19 16′	11744	5358
19	11890	5316
18	12515	5143
17	13220	4954
16	14000	4753

Scheinbare Höhe der Geſtirne	Betrag d. Luftmaſſen in grober Luft	Stärke des Lichts d. Geſtirne n. d. Durchgange
Grade	Toiſen	
15	14880	4535
14	15880	4301
13	17012	4050
12	18344	3773
11	19908	3472
10	21745	3149
9	23975	2797
8	26672	2423
7	29996	2031
6	34300	1616
5	39893	1201
4	47480	802
3	58182	454
2	74429	192
1	100930	47
0	138823	6

Die Zahl 10000 bezeichnet die Stärke des Lichts vor dem Eintritte in die Atmoſphäre.

Dieſe Tafel ſtimmt faſt gänzlich mit derjenigen überein, welche ſich in dem erſten Entwurfe des Werks vom Jahre 1729 befindet, und iſt nicht aufs neue berechnet worden, ob ſich gleich Bouguer nach der Zeit richtigere Kenntniſſe von dieſem Gegenſtande erworben hatte.

Die Zurückwerfung des Lichts von den innern Theilen durchſichtiger Körper zu unterſuchen, nahm Bouguer ein ziemlich dickes Stück Kryſtallglas, welches das Licht im Verhältniſſe 9 zu 4 verminderte. Ferner ſtellte er zwey Gypsplatten neben einander, und betrachtete ſie durch jenes Glas, aber an Stellen, die

ſo

so weit von einander entfernt waren, daß er den einen Theil des Glases durch ein starkes Licht erleuchten und den andern in die stärkste Dunkelheit bringen konnte. Dieser Umstand hatte einen beträchtlichen Einfluß auf die Deutlichkeit des Sehens. Der dunkle Theil des Glases schien ihm merklich durchsichtiger, als der andere, indem die Erleuchtung des andern Theils, anstatt sich mit der von dem Gegenstande zu vereinigen, sie vielmehr schwächte; und je deutlicher er das Innere des durchsichtigen Körpers erkannte, desto mehr verlohr der Gegenstand auf der andern Seite von der Deutlichkeit. Das Licht, welches die eine Hälfte des Krystallglases erleuchtete, war etwa 31mal stärker, als dasjenige, was die beyden Gypstäfelchen erleuchtete, und um diesen beyden Gegenständen gleichen Grad der scheinbaren Helligkeit zu geben, mußte er die Erleuchtung desjenigen, den er durch den hellen Theil des Krystallglases sahe, um den siebenten Theil vermehren. Er berechnet hieraus, daß die kleinen Theilchen des Krystallglases die Strahlen, die sie auffangen, so wenig zurückwerfen, daß sie nur den 235ten Theil derselben reflektiren. Vermuthlich, sagt er, werden die innern Theile aller andern durchsichtigen Körper die wenigsten Strahlen, welche sie auffangen, zurückwerfen.

Auch berechnet er die Stärke des Lichts, welches von den innern Theilen eines gleichförmig dichten Mittels zurückgeworfen wird. Dieses auf die Luft anzuwenden, nimmt er zwey Fälle an, einen, da die Sonne am Horizonte ist, und die Stärke der Luftfarbe nach dem Zenith hin berechnet werden soll, den andern, da die Sonne am Zenith steht, und die Stärke der Luftfarbe nach dem Horizonte hin gesucht wird.

In dem zweyten Falle berechnet er die Stärke der Luftfarbe nicht bloß für die ganze Tiefe der Atmoſphäre, ſondern auch für verſchiedene Strecken derſelben, wie in der folgenden Tafel zu ſehen iſt, wo die Weiten in Meilen, deren 20 einen Grad machen, angegeben ſind. Der Buchſtabe q in derſelben iſt ſtatt der Zahl geſetzt, welche angeben ſollte, wie ſehr das Licht durch die Zurückwerfung von den Theilchen der Luft geſchwächt werde. Nach Erfahrungen, die Bouguer in Amerika zu machen Gelegenheit gehabt hat, iſt der Werth von q wenigſtens $\frac{1}{363}$, d. i. die Luftheilchen ſenden uns wenigſtens nicht mehr als den 363ſten Theil der Strahlen zurück, welche ſie auffangen, und vermuthlich noch weniger.

Entfernungen in Meilen	Betrag der Luftmaſſen auf eine gleichförmige Dichte gebracht in Klaftern	Stärke der Luftfarbe
$2\frac{1}{2}$	7115	$\frac{778}{10000}$ q
5	14231	$\frac{1289}{10000}$ q
10	28457	$\frac{1967}{10000}$ q
15	41931	$\frac{2268}{10000}$ q
20	55096	$\frac{2410}{10000}$ q
30	79307	$\frac{2525}{10000}$ q
45	109099	$\frac{2565}{10000}$ q
60	130548	$\frac{2575}{10000}$ q
90	153128	$\frac{2575}{10000}$ q
180	169518	$\frac{2575}{10000}$ q

Man braucht nur, ſagt Bouguer, dieſe Tafel zu betrachten, um zwey verſchiedene Arten, wie ſehr entfernte Gegenſtände auf der Erde ſich unſern Augen entziehen, erklären zu können. Wenn ein großes Gebirge, das mit Waldungen bedeckt iſt, 29 bis 30 Meilen von uns entfernt liegt, ſo wird nur weniges

niges Licht von demselben in unser Auge kommen können. Denn außerdem, daß das Blättergrün keinen sonderlich lebhaften Glanz hat, so giebt es noch zwischen den Blättern so viele schattige Zwischenräume, die gar kein Licht zurücksenden. Ist aber die Atmosphäre recht heiter, so wird das Gebirge mit alle dem Luftglanze bedeckt seyn, welchen die Masse der zwischen dem Gegenstande und dem Beobachter enthaltenen Luft zurückwirft, und diese Farbe wird durch $\frac{2525}{10000}$ q ausgedruckt werden, da die Farbe der ganzen Atmosphäre, oder des Himmels, den man zur Seite sieht, durch $\frac{2575}{10000}$ q ausgedruckt wird. Der Unterschied ist zwar nur $\frac{1}{51}$, aber doch noch immer bemerkbar, wenn man darauf Acht giebt. Wäre das Gebirge noch näher, so würde der Unterschied der Stärke der beyden Luftfarben größer seyn; und der Gegenstand, der beständig seine Gestalt behielte, würde wie eine etwas dickere Wolke aussehen; seine Farbe würde gegen die Farbe des Himmels etwas dunkler scheinen, da sie hingegen in jenem Falle, wenn der Gegenstand eben verschwinden will, wie eine dünne und sehr durchsichtige Wolke erscheint, so daß man in der Gegend des Gebirges das Blau des Himmels wie mit einem leichten Flore überzogen sehen wird. Wäre aber das Gebirge nur 18 bis 20000 Toisen entfernt, so könnte man vielleicht schon etwas von seiner grünen Farbe erkennen. Wegen des Mangels der Durchsichtigkeit der Luft wurde die Helligkeit dieses Gegenstandes in dem Verhältnisse 1000 zu 346 geschwächt werden; und dieser Mangel der Durchsichtigkeit ist es, der in Verbindung mit der Luftfarbe die Stärke oder den Glanz der Erleuchtung an den Gegenständen schwächt, die man unmittelbar betrachtet. Wenn das Gebirge mehr Strahlen zurückwirft, weil es näher liegt, so wird dabey zugleich

die Farbe der Luft blaſſer, und beyde Farben werden ſich einander ſchwächen.

Solche Objekte, die eben verſchwinden wollen, ſieht man gleichſam nur auf eine negative Art, dahingegen andere, zwar entferntere, auf eine poſitive Art geſehen werden, wenn das von ihnen herkommende Licht ſtärker, als das von den nahe liegenden Theilen des Himmels iſt. Wenn ein ſchwarzes Gebirge 45 bis 50 Meilen entfernt liegt, ſo wird die blaue Farbe, welche es bedeckt, von der Farbe des Himmels ſo wenig unterſchieden ſeyn, daß es gar nicht zu bemerken iſt. Wäre aber das Gebirge mit ſehr weißem Sande oder mit Schnee bedeckt, ſo würde man es ſehr deutlich entdecken können. Einige glauben, daß man ſolche große Gegenſtände in noch größerer Entfernung ſehen könne; allein Bouguer zweifelt daran, und ſetzt 45 franzöſiſche Meilen als die Grenze feſt, weil man in dieſer Entfernung von dem Meerbuſen Guayaquill den Berg Chimboraço noch eben zu erblicken im Stande iſt.

Doch iſt zu merken, daß die Entfernung, in welcher man Gegenſtände noch ſehen kann, ſowohl von der Stärke ihrer Erleuchtung und der Güte des Auges, als auch von der Durchſichtigkeit des zwiſchenliegenden Mittels abhängt. Muſſchenbroek *) erzählt von einem Manne, welchen er ſelbſt gekannt hat, daß er die Jupiterstrabanten mit bloßen Augen eben ſo gut, als er ſelbſt mit einem 12 füßigen Fernrohre, erkennen konnte. Er führt dabey aus dem Cicero das Beyſpiel eines Menſchen an, der auf 1800 Stadia weit ſehen konnte, und die Erzählung des Plinius, daß zur Zeit des zweyten Puniſchen Krieges Einer, von Lilibäum in Sicilien ab, die aus dem Haſen von Carthago auslaufenden Schiffe gezählt hat.

Dies

*) Introd. ad philoſ. natur. Vol. II. §. 1971 ſqq.

Diese Erzählung ist aber sehr unwahrscheinlich, oder vielmehr, wegen der Krümmung der Erde, unmöglich.

Ueber die Kraft verschiedentlich gefärbter Mittel, das Licht zu verschlucken, stellte Musschenbroek verschiedene Versuche an, aus welchen erhellet, daß selbst sehr durchsichtige und dünne Körper, wenn sie verschiedentlich gefärbt sind, dem Lichte wirklich den Durchgang oft verwehren. Er nahm Glasstücke von jeder der sieben Farben, welche zusammen noch nicht einen halben Zoll dick waren, und doch konnte er die Sonne dadurch nicht erkennen. Um die Wirkung eines jeden dieser gefärbten Stücke besonders zu erforschen, setzte er sie auf mancherley Art zusammen. Die Resultate seiner Erfahrungen, sowohl in Absicht der Menge des durchgelassenen Lichts, als der Farbe desselben beschreibt er in seiner Introductio ad philos. natur. Vol. II. p. 800. Ueberhaupt folgerte er daraus, daß in einem weißen Sonnenstrahle die rothen Strahlen am häufigsten vorhanden sind, daß diese durch rothe, orange und gelbgefärbte Gläser leicht durchgehen, aber in geringer Menge durch grüne Gläser, so daß die grünen, blauen, purpurnen und violetten Strahlen von dem weißen Sonnenstrahle abgesondert wurden, wenn man ihn mit einem rothen Glase auffängt. Waren die rothen Strahlen durch rothe, orangenfarbige und gelbe Gläser durchgegangen, so blieben nur wenige Strahlen übrig, welche durch ein grünes dahinter liegendes Glas gehen konnten. Denn die grünen Strahlen drangen bis dahin nicht durch, und blaue Strahlen waren auch nicht mehr vorhanden, die durch das folgende blaugefärbte Glas hätten dringen können, so daß alle Stücke zusammen ein undurchsichtiges Ganzes ausmachten. Bey diesen

Verſuchen konnte er nicht herausbringen, was aus dem rothen Lichte wurde, das nach dem Durchgange durch das rothe, orangenfarbige und gelbe Glas auf das grüne fiel. Er ſcheint zu glauben, daß es entweder in das rothe Glas zurückgeworfen oder in dem grünen nach allen Richtungen zerſtreuet ſeyn möge.

Das Sonnenlicht ließ er durch mehrere blau gefärbte Gläſer gehen, und fand, daß Gegenſtände in dem durchgegangenen Lichte immer ein tieferes Blau annahmen, bis ſie zuletzt purpurfarbig erſchienen. Durch fünf ſolcher blauer Glasſcheiben ſchien die Sonne weiß, durch ſechſe nahm ſie eine purpurne Farbe an, welche mit jeder neuen Scheibe dunkler ward, bis daß er durch 15 blaue Scheiben, die zuſammen einen Zoll ausmachten, nichts mehr von der Sonne erkennen konnte.

Es iſt bisher angeführt worden, daß nach Bouguer's Erfahrungen das Licht deßwegen verſchluckt oder unwirkſam gemacht werde, weil es auf die Fläſchen der Körper mit einer gewiſſen Neigung fällt, und nicht deßwegen, weil es, wie Newton annahm, auf die dichten Theile ſtößt: und daß die Dicke der durchſichtigen Körper, durch welche das Licht geht, lange nicht ſo hinderlich iſt, als die Menge der Oberflächen. Allein einige von Canton mit ſeinem künſtlichen Phosphor angeſtellte Verſuche ſcheinen doch zu beweiſen, daß in einigen Fällen die Dicke der durchſichtigſten Mittel dem Durchgange des Lichts ſehr hinderlich fällt.

Canton nahm zwey gleich durchſichtige Stükke des feinſten Flintglaſes, deren Seiten er vollkommen parallel ſchleifen ließ, aber eins ward 10 mahl

mahl so dick als das andere gemacht. Diese stellte er so, daß das Licht von einem elektrischen Schlage durch sie fahren, und auf Stücke von seinem Phosphor fallen konnte. Ob nun gleich in beyden Fällen nur zwey Oberflächen vorhanden waren, und der Unterschied des Verlusts am Lichte in dem Durchgange durch beyde Stücke, nach Bouguer's Versuchen, nur sehr gering hätte seyn müssen; so fand sich doch ein großer merklicher Unterschied an dem Lichte, welches beyde durchgelassen hatten, weil der Phosphor von dem Lichte völlig gleicher Schläge durch das dicke Glas lange nicht so erleuchtet worden war, als durch das dünne.

Priestley p) hatte Canton's Versuche wiederholt, und gefunden, daß der Phosphor durch sieben Stücke sehr dünnen Glases stärker erleuchtet ward, als durch ein einziges eben so durchsichtiges, aber $\frac{1}{4}$ Zoll dickes Stück, und doch hätte wegen gewisser Umstände der Durchgang durch das dicke Glas noch etwas leichter fallen sollen. Er zweifelt daher nicht, daß auf diese Art durch zwölf oder gar zwanzig Stücke sehr dünnen Glases mehr Licht, als durch ein einziges Viertelzölliges gehen möge.

Doch sey zu bemerken, daß, wenn der Phosphor durch diese Gläser von dem Sonnenlichte in einem dunkeln Zimmer erleuchtet werde, jener Unterschied sich nicht zeige. Nur wenn er den Phosphor so geschwind als möglich durch den Sonnenstrahl bewegte, kam ihm die Erleuchtung durch die dünnen Gläser stärker als durch das dicke vor. Blieben aber die Stücke Phosphor die kleinste bemerkbare Zeit, keine Viertelsecunde, in dem Sonnenlichte, so verlor sich aller Unterschied.

Es

p) Geschichte der Optik, durch Klügel. S. 311. f.

Es ſey wahr, bemerkt Prieſtley noch, die Ausſtrahlung des Lichts bey einem elektriſchen Lichte ſey augenblicklich, und es ſey unmöglich, den Phosphor ſo geſchwind durch den Sonnenſtrahl zu bewegen, daß er nicht, in Vergleichung mit der Dauer eines elektriſchen Schlages, eine beträchtliche Zeit dem Lichte ſollte ausgeſetzt geweſen ſeyn, und daß eine fortdauernde Wirkung des Lichts dabey ſtatt gefunden hätte. Wie aber dieſer Umſtand einen ſo merklichen Unterſchied hervorbringen könne, das ſey er nicht im Stande, zu erklären. Dieſe Thatſache ſey jedoch bey alle dem merkwürdig, und verdiene eine genauere Unterſuchung.

Was nun Lambert's Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand betrifft, ſo ſind ſie noch viel genauer, gründlicher und tiefdenkender, als die von Bouguer, und verdienen daher vorzüglich angeführt zu werden, beſonders da die Optik durch dieſe Bemühungen des unſterblichen Lambert ſo ungemein bereichert worden iſt.

In dem erſten Theile ſeiner Photometrie [q]) ſetzt Lambert die erſten Gründe und Begriffe dieſer Wiſſenſchaft feſt, zeigt, wie das gerade fortgepflanzte Licht zu meſſen ſey, und unterſucht mit Hülfe der Erfahrung, wie weit die Schärfe des Auges bey Beurtheilung der Helligkeiten gehe. Zuerſt unterſcheidet er die Helligkeit des Lichts, welches ein Objekt erleuchtet, und die Helligkeit des erleuchteten Gegenſtandes; ferner die Helligkeit des Lichts, in ſo fern ſie dem Auge ſichtbar iſt (claritas viſa), und die Helligkeit deſſelben, in ſo fern es die Gegenſtände erleuchtet. Bezieht ſich die

q) Photometria, ſ. de menſura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Auguſt. Vindelicor. 1760. 8.

die letztere auf den leuchtenden Körper, so heißt sie die erleuchtende Kraft (vis illuminans), und wenn auf den erleuchteten Gegenstand, die Erleuchtung (illuminatio). Diese, die Erleuchtung, verhält sich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung vom Lichte; die gesehene Helligkeit aber nicht. Dieser Unterschied ist in der Folge wichtig. Z. B. die Erleuchtung, welche die Erde von den Planeten erhält, ist ganz unbeträchtlich; ihr Glanz oder die gesehene Helligkeit ist beträchtlich. Wolf verwirrt beyde, wenn er in seiner Optik sagt, daß Gegenstände in der Entfernung deßwegen nicht so helle scheinen, wie in der Nähe, weil das Licht umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung abnimmt. Auch von Andern sind diese beyden Begriffe verwechselt. Wie die gesehene Helligkeit zu messen sey, trägt Lambert hier noch nicht vor; in der Folge bemerkt er aber, daß die Einheit hiebey willkührlich sey, daß man bey sehr starkem Lichte die Helligkeit der Sonne, bey schwächerm die Helligkeit des Mondes, oder noch besser, die Helligkeit einer Ebene, welche alle Strahlen unvermindert zurückwirft, dazu nehmen könne. Auch unterscheidet Lambert weiter unten die wahre Helligkeit von der gesehenen, wie sie dem Auge vorkömmt, und setzt hinzu, daß die gesehene Helligkeit von der Oeffnung des Sterns im Auge abhange.

Hierauf setzt nun Lambert vier Grundsätze fest, sowohl durch Schlüsse als durch Erfahrung, nämlich 1. die Erleuchtung verhält sich wie die Menge der Lichter, d. i. wie die Oberfläche des erleuchtenden Körpers, bey übrigens gleichen Umständen, als Entfernung und Intensität des Lichts oder Dichtigkeit der Strahlen; 2. sie verhält sich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Ebene von dem

Licht-

lichte; 3. ſie verhält ſich verkehrt wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die erleuchtete Ebene; dieſe drey erſten ſind ſchon von andern gebraucht. Der vierte aber iſt zuerſt von Lambert eingeführt, und enthält: daß die Erleuchtung dem Sinus des Winkels, welchen die Strahlen mit der leuchtenden Fläche machen (anguli emanationis) proportional iſt. Dieſen Satz beweiſet er erſtlich daher, daß die Sonnenſcheibe an allen ihren Stellen gleich helle ſcheint, daß alſo dieſe Stellen eine Erleuchtung, nicht nach dem Maaße ihrer Größe, ſondern nach dem Maaße ihrer ſenkrechten Projektion auf die Sonnenſcheibe verurſachen. Dieſen wichtigen Satz erweiſet er in der Folge durch mehrere Erfahrungen, ſo wie er ihn auch durch Schlüſſe beſtärkt. Euler r) hat in ſeiner Abhandlung von den verſchiedenen Graden des Sonnenlichts und anderer Himmelskörper auf den Unterſchied wegen der Lage der erleuchtenden Fläche gegen die Strahlen nicht geachtet. Nunmehr beweiſet Lambert einige Sätze, die man ſonſt nur als beynahe wahr angenommen hatte, in völliger Schärfe, als: wenn der leuchtende Körper ſphäriſch iſt, ſo verhält ſich die ſenkrechte Erleuchtung verkehrt wie das Quadrat der Entfernung der leuchtenden Ebene, ohne daß man nöthig hat, den ſcheinbaren Halbmeſſer der leuchtenden Kugel als unbeträchtlich klein anzunehmen; und, wenn ein ſphäriſcher Körper eine gegebene Ebene, bey gleicher Entfernung des Mittelpunkts einmahl ſenkrecht, das anderemahl ſchief beſcheint, ſo verhält ſich die ſenkrechte Erleuchtung zu der ſchiefen, wie der Sinus totus zum Sinus der Höhe des Mittelpunkts bey der ſchiefen Erleuchtung. Auch iſt die hier-

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin. an. 1750.

hierauf folgende Untersuchung von Lambert neu in denjenigen Fällen, wo das Licht nicht sphärisch ist, dergleichen vorkommen, wenn das Tageslicht durch die Fenster, über einer Mauer, einem Dache einfällt. Er berechnet zu dem Ende die Erleuchtung, welche sphärische Dreyecke und Vierecke in dem Mittelpunkte der Kugel hervorbringen. Die übrigen ebenfalls sehr merkwürdigen Untersuchungen dieses Theils lassen sich nicht im Auszuge anführen.

Der zweyte Theil beschäftigt sich mit den Veränderungen, welche das Licht beym Durchgange durch durchsichtige Körper, besonders durch Glas, leidet, und zuerst mit dem Falle, wenn der durchsichtige Körper aus einer oder mehreren ebenen Glastafeln besteht. Völlig durchsichtige Körper wären solche, die gar kein Licht weder zurückwerfen noch zerstreuen. Wahrscheinlich giebt es keine, die gar kein Licht zerstreuen, wenn sie gleich einen Theil des auffallenden Lichts unter dem Winkel, unter welchem es aufgefallen war, zurückwerfen. Die Menge des zurückgeworfenen Lichts hängt von der Dichtigkeit des durchsichtigen Körpers, und des daran grenzenden Mittels ab. Licht, welches aus Wasser in Glas geht, wird weniger zurückgeworfen, als wenn es aus Luft in Glas geht. Bey dem Durchgange aus dem dichtern Mittel ins dünnere wird mehr zurückgeworfen, als in dem entgegengesetzten Falle. Völlig klares Wasser und sehr schwarze Dinte in irdene inwendig schwarz glasurte Gefäße gethan, stellten das Bild des heitern Himmels gleich helle dar. Der kleine Unterschied der Dichtigkeit der Dinte und des Wassers war dabey wenigstens nicht merklich. Es kömmt also auf die größere und geringere Undurchsichtigkeit nicht an. Das von den Glas-

tafeln

tafeln durchgelaſſene, zurückgeworfene und zerſtreuete Licht mit einander zu vergleichen, bedient ſich Lambert eines außerordentlich ſinnreichen Verfahrens, das auch bey andern nicht optiſchen Unterſuchungen zum Muſter dienen kann. Die Rechnung ſtellt er für ſolche Gläſer an, die vollkommen durchſichtig ſind; die Verſuche konnten aber nicht anders als mit Glas, das etwas Licht zerſtreuet, angeſtellt werden. Nun entſtand die Schwierigkeit, mittelſt Gläſer, die nicht vollkommen durchſichtig ſind, zu finden, was bey vollkommen durchſichtigen ſtatt finden würde, um daraus zu beſtimmen, was vom Lichte durch das Glas zerſtreuet und zu nichte gemacht wird. Lambert's Methode iſt dieſe: Zuerſt nimmt er an, daß gar kein Licht zerſtreuet oder verſchlungen werde, und unterſucht, wie bey einer Glastafel das zurückgeworfene und durchgelaſſene Licht ſich gegen einander verhalte, wenn das Verhältniß des einfallenden und zurückgeworfenen Lichts an der Vorderfläche $1 : q$, und das an der Hinterfläche einfallenden und zurückgeworfenen $1 : p$ iſt. Es iſt nämlich die Menge des unmittelbar zurückgehenden und des nach allen Zurückwerfungen von der Hinterfläche wieder durch die Vorderfläche ausfahrenden Lichts, $M = \frac{q + p}{1 + p}$, und des durchgehenden $N = \frac{1 - q}{1 + p}$, deren Summe $= 1$ die Menge des einfallenden Lichts iſt. Ferner berechnet er, unter derſelben Vorausſetzung, die Menge des von mehreren hinter einander geſtellten Glastafeln zurückgeworfenen Lichts bey demſelben Einfallswinkel auf die erſte derſelben, und findet, noch immer in unbeſtimmten Ausdrücken, wie bey einem einzigen Glaſe das Verhältniß des zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Lichts beſchaffen iſt, wenn bey demſelben Einfallswinkel mehrere hinter einander

ander gestellte Gläser das zurückgeworfene Licht dem einfallenden gleich machen. Er sucht auch die Grenzen, zwischen welche p und q unabhängig von den Versuchen fallen müssen, nach einer sonst eben nicht gebrauchten Methode, außer daß Newton sich eines ähnlichen Verfahrens bey Bestimmung der Grenzen für die Oerter eines Kometen bedient hat. Das Mittel dieser Grenzen sieht er als den Werth an, welcher von dem wahren nicht viel verschieden seyn wird. Was seine Versuche betrifft, so sind sie diese. Auf einer gewissen Tafel zog er einen schwarzen Strich von 1 Linie Breite, stellte darüber eine Glastafel, und suchte den Ort seines Auges, wo ihm das durch die Zurückwerfung gesehene Bild des einen Theils des Strichs gleich aschfarbigt mit dem durch die Brechung gesehenen schien. Er fand, daß alsdenn der Neigungswinkel der einfallenden Strahlen $14\frac{1}{2}$ Grad betrug. Diesen Versuch stellte er mit mehreren hinter einander gestellten Glastafeln an, und fand die Neigungswinkel folgender Maaßen:

Gläser	Neigungswinkel	Gläser	Neigungswinkel
1	$14\frac{1}{2}$ Grad	6	39 Grad
2	22	7	43
3	27	8	47
4	31	9	$50\frac{1}{2}$
5	35		

Aus den vorher angestellten Rechnungen folgte, daß, bey völlig durchsichtigen Gläsern, das von dem ersten dieser Gläser, ohne die übrigen, zurückgeworfene Licht nach der Folge der Winkel, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ u. s. w. des einfallenden ist, z. B. unter dem Neigungswinkel 27 Grad, $\frac{1}{4}$ des auffallenden, daher das gebrochene und durchgegangene die übrigen $\frac{3}{4}$ ausmacht.

Man

Man wird aber nun fragen, ob nicht die eben angeführten Winkel ziemlich anders würden ausgefallen seyn, wenn völlig durchsichtige Gläser hätten genommen werden können? Allein Lambert zeigt aus noch andern Versuchen und der darüber angestellten Rechnung, daß der Unterschied der Winkel in beyden Fällen so klein seyn müsse, daß er gegen die Fehler, welchen die Versuche selbst unterworfen sind, nicht zu rechnen ist, und daß die Winkel selbst mit den durchsichtigsten Gläsern nicht genauer hätten bestimmt werden können. Der Verlust des Lichts wegen der Undurchsichtigkeit verändert das Verhältniß M:N, worauf es hier eigentlich ankommt, nicht merklich, wenn gleich die Größen M und N selbst sehr dadurch leiden. Er verbessert die Winkel auch durch eine graphische Operation, wodurch er die kleinen Anomalien in der Fortschreitung dieser Winkel wegnimmt. Diese sind aber bey den meisten unbeträchtlich; nur bey dem letzten, der nothwendig größer seyn mußte, beträgt die Verbesserung so viel als 11 Minuten. Nun ist aber noch das schwerste zurück, nämlich zu bestimmen, wie die Größen p und q von den Einfallswinkeln abhängen. Hier ist alle Theorie vom Lichte so unzulänglich, wie nur irgend eine, und Lambert konnte nichts weiter thun, als die seinige nach den Erfahrungen einzurichten, ohne sie a priori beweisen zu können. Sie enthält folgende Stücke. Das Licht wird durch die Brechung nicht plötzlich von seinem Wege abgelenkt, sondern es wird allmählig gekrümmt, bis es die Richtung erhält, mit welcher es in dem zweyten Mittel fortgeht. Man muß sich demnach auf beyden Seiten der brechenden Fläche einen Raum vorstellen, der von den parallelen Flächen (fig. 59.) CL, AB eingeschlossen ist, zwischen welchen die Brechung und Zurück-

wer-

werfung geschieht. Der Strahl EF beschreibt innerhalb derselben die krumme Linie FMA, und geht darauf in A nach der Richtung AI, der Tangente in A, fort. Man nehme eine unendlich dünne Schicht dieses Raums, MQqm, nach den mit AB parallelen MQ, mq, ziehe das Einfallsloth HF, und damit die Parallele Mμ, so wird zuerst angenommen, daß in einer und derselben Schicht MQqm das Verhältniß sin. HFE : sin. mMμ unveränderlich sey, was auch der Winkel HFE seyn mag. Zweytens, wenn die Menge des in F auffallenden Lichts = 1, und die Menge des in M noch übrigen v ist, so ist der Verlust, den man, wie eine Differenzialgröße, dv bezeichnen kann, proportional der Menge des Lichts v; der zurückwerfenden Kraft; dem Raume Mm; und umgekehrt dem sin. Mmμ. So findet Lambert mit Hülfe der Integralrechnung folgende Reihe:

$$\log.\frac{1}{v} = \text{sec.}\,\gamma^2\,(\alpha - \beta.\,\text{tang.}\,\gamma^2 + \delta.\,\text{tang}\,\gamma^4 - \&c.),$$

wo γ den Einfallswinkel HFE bezeichnet, und α, β, δ, solche Größen sind, die von dem Winkel γ nicht abhangen. Von dieser Reihe nimmt er nur das erste Glied, und setzt also:

$$-\log. v = \alpha\,.\,\text{sec.}\,\gamma^2 = -\log.-(1-q).$$

Eine ähnliche Formel nimmt er auch für das von der Hinterfläche zurückgeworfene Licht an, wo das Verhältniß der Mengen des einfallenden und zurückgehenden 1 : p ist, und setzt:

$$\alpha^1\,\text{sec.}\,\gamma^2 = -\log.(1-p)$$

Hier müssen α^1 und α aus Erfahrungen bestimmt werden. Dergleichen hat Lambert angestellt, aus welchen durch die Combination mit den oben beschriebenen, und mit Zuziehung der vorher entworfenen Theo-

rie p und q nebſt γ bekannt wurden. So hatte er nunmehr die Größen α und α^1, und die Formeln werden demnach dieſe

$$\log.(1-q) = -0{,}0087241 \cdot \text{sec.}\,\gamma^2$$
$$\log.(1-p) = -0{,}0199966 \cdot \text{sec.}\,\gamma^2$$

Da nun aus den Verſuchen mit Glastafeln gefunden war, wie viel Licht unter den dabey vorkommenden Winkeln von einer einzigen Glastafel zurückgeworfen wird, ſo berechnet er für dieſe Winkel, deren Complemente zu 90 Graden in jenen Formeln γ heißen, die Größen q und p; und da die Menge des geſammten zurückgeworfenen Lichts, wenn 1 das auffallende iſt, durch die Formel $M = \frac{p+q}{1+p}$ beſtimmt wird, ſo konnte er nun ſeine Theorie von der Menge des zurückgeworfenen Lichts mit der Erfahrung vergleichen. Folgende Tabelle enthält die Reſultate aller obigen Unterſuchungen.

Aus Beob. Neigungswinkel	Aus Rechnung q	p	M	Aus Beob. M	Unterſchied
$14\frac{1}{2}$	0,2741	0,5136	0,5205	0,5000	+ 0,0205
12	0,1333	0,2753	0,3204	0,3333	− 0,0130
27	0,0928	0,1968	0,2421	0,2500	− 0,0079
31	0,0729	0,1566	0,1985	0,2000	− 0,0015
35	0,0592	0,1238	0,1663	0,1667	− 0,0004
39	0,0494	0,1078	0,1428	0,1429	− 0,0001
43	0,0432	0,0925	0,1234	0,1250	− 0,0016
47	0,0368	0,0810	0,1091	0,1111	− 0,0020
$50\frac{1}{2}$	0,0332	0,0731	0,0991	0,1000	− 0,0009

Aus dieſer Tafel zog er darauf folgende für alle Neigungswinkel von 10 zu 10 Graden:

Neis

Neigungswinkel	q	p	M	N
10°	0,4862	0,7766	0,7108	0,2892
20	0,1578	0,3204	0,3622	0,6378
30	0,0772	0,1653	0,2070	0,7930
40	0,0474	0,1046	0,1376	0,8624
50	0,0337	0,0705	0,0973	0,9027
60	0,0264	0,0585	0,0802	0,9198
70	0,0225	0,0499	0,0690	0,9310
80	0,0203	0,0450	0,0624	0,9376
90	0,0199	0,0448	0,0619	0,9381

Es ist merkwürdig, daß die Menge des zurückgeworfenen Lichts gegen das einfallende an der Hinterfläche des Glases weit größer ist, als an der Vorderfläche. Dieses ließen auch die Grenzen, welche für p und q nach der bloßen Theorie abgesteckt waren, schon vorher sehen. Bouguer fand auch, daß die innere Zurückwerfung stärker sey, als die äußere; es ist aber so gut wie nichts, was er von dem Verhältnisse beyder herausbringt. Lambert hingegen hat diese Sache genau untersucht. Allem Mißverständnisse bey der Vergleichung dieser und der Bouguer'schen Tafeln vorzubeugen, ist zu bemerken, daß in den vorstehenden Tafeln das Verhältniß M : N von dem zurückgeworfenen und gebrochenen Lichte nur zu verstehen ist, wenn man sie auf die Brechung und Zurückwerfung, wie sie wirklich in der Natur geschieht, anwenden will. Denn alle Versuche über die Helligkeit des Lichts gaben nur Verhältnisse, und zwar der Gleichheit, zu erkennen. Wenn man also das zerstreuete und verschluckte Licht von dem einfallenden abzöge, und den Rest durch 10000 bezeichnete, so würde man behaupten können, daß von diesen 10000, wenn sie z. E. senkrecht auffallen, 619 theils von der Vorderfläche,

theils von der Hinterfläche zurückgeworfen werden; daß von den übrigen 9801 die Hinterfläche 439, nämlich in dem Verhältniſſe von 1 zu 0,0448 zurückſendet, von welchen 439 die Vorderfläche in dem nämlichen Verhältniſſe 19 zurückwirft, und die übrigen 420 durchläßt, welche mit jenen 199 zuſammen 619 ausmachen. Die übrigen Zurückwerfungen von der Hinterfläche werden nämlich ganz unbeträchtlich. Denn daß der Verluſt des Lichts ſehr anſehnlich iſt, kann man aus dem folgenden abnehmen. Lambert berechnete das Verhältniß des zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Lichts, wenn es ſenkrecht durch eine Anzahl paralleler Tafeln geht, allen Verluſt bey Seite geſetzt; wenn die Anzahl der Gläſer x heißt, ſo iſt das zurückgeworfene $= \frac{x}{15,1535 + x}$, worunter außer dem von der erſten Tafel unmittelbar zurückgeworfenen noch das mit zu verſtehen iſt, was ſie von dem Lichte, das die hintern zurückwerfen, durchgehen läßt. Es würden alſo 15 Glastafeln das durchgehende Licht noch nicht völlig auf die Hälfte des einfallenden bringen; und doch ſind in der That zwey mittelmäßig durchſichtige Gläſer dieſes zu thun im Stande.

Hierauf ſtellt Lambert Unterſuchungen über den Verluſt des Lichts in durchſichtigen Mitteln an. Er ließ auf eine weiße Fläche Licht durch eine Glastafel, und von einer andern Glastafel auf dieſelbe Stelle durch die Zurückwerfung fallen, ſo daß dieſe Stelle vom beyderſeitigen Lichte ſo helle ſchien, wie das übrige von dem gerade auffallenden. Mit Hülfe der vorigen Theorie berechnete er, wie viel die Erleuchtung betragen müßte; der Unterſchied von der wirklichen gab ihm den Verluſt an. Dieſen braucht er in einer

ner neuen Rechnung, die unbekannte Größe zu bestim-
en, und findet nun für senkrecht auffallendes Licht,
as durch mehrere Gläser geht, folgende Resultate:

Gläser	Zurückgeworf.	Gebrochenes	Verlohrnes
1	0,0516	0,811	0,1373
2	0,0856	0,6596	0,2548
3	0,1081	0,5368	0,3551
4	0,1228	0,4377	0,4495
8	0,1467	0,1945	0,6588
16	0,1527	0,0387	0,8089
32	0,1526	0,0016	0,8458

Von den ebenen Flächen geht Lambert zu den
rummen über, und untersucht die Stärke des durch ein
der mehrere Linsengläser gebrochenen Lichts. Wenn
ie Oeffnung eines Linsenglases so klein gemacht wird,
aß die Helligkeit des Bildes der Erleuchtung von dem
erade auffallenden Lichte gleich ist, so verhält sich das
uf die Oeffnung des Glases fallende Licht zu dem
urch das Glas wirklich gehenden, wie die Fläche der
Oeffnung des Glases zu der Fläche des Bildes. Ein
Versuch, da er das Licht des Himmels durch ein Lin-
englas gehen ließ, zeigte ihm, daß dieses Glas etwa
en sechsten Theil des Lichts zurückwarf und zerstreuete.
Fast eben dieses fand er aus andern Sätzen seiner Theo-
ie, die sich also sehr wohl bestärkte. Von der Er-
euchtung durch Linsengläser, die in der übrigen Optik
ehr nützlich angewendet werden kann, findet man schon
ieles in Smith's und Kästner's Optik, und
n Euler's Abhandlungen in den Petersburger und
Berliner Sammlungen, wiewohl sie das zurückgewor-
ene und zerstreuete Licht nicht mit in Betrachtung ge-
ogen haben, worauf aber Lambert seine Unterfu-

chungen erweitert, und auch die Helligkeit durch mehrere Gläser berechnet.

Der dritte Theil enthält die Berechnungen des von den undurchsichtigen Körpern, besonders von Spiegeln zurückgeworfenen Lichts. Von dem auf solche Körper fallenden Lichte wird nur ein Theil so zurückgesandt, als wenn sie eine völlig glatte Oberfläche hätten; ein Theil wird wegen der Ungleichheiten nach allen Seiten hin zerstreuet; ein Theil, der in die Blättchen an der Oberfläche des Körpers dringt, geht in den Körper selbst verloren. Nach den theoretischen Untersuchungen erzählt Lambert seine Versuche, worin er noch mehr in's Detail geht, wie Bouguer. Er erleuchtete durch eine Lichtflamme eine weiße Wand senkrecht, beschattete einen Theil derselben, und ließ auf diesen Theil das Licht von 4 mit Quecksilber foliirten Spiegeln fallen, so daß der beschattete Theil so helle von den Spiegeln aussahe, wie der von dem Lichte unmittelbar erleuchtete. Das Licht fiel auf die Spiegel, und von da auf die Wand fast senkrecht. Er fand, daß von 10000 auffallenden Strahlen 4648 verloren gingen, und nur 5352 zurückgeworfen wurden. Dabey fand er, daß das Quecksilber $\frac{1}{3}$ des senkrecht einfallenden verschluckt, wiewohl es etwas mehr zurücksenden mag, wenn die Strahlen unmittelbar aus der Luft darauf fallen. Ferner vergleicht Lambert die Helligkeit des erleuchtenden und des erleuchteten undurchsichtigen Körpers, dessen Oberfläche rauh ist, und bestärkt zuerst den Anfangs festgesetzten Satz, daß die direkte Erleuchtung wie der Sinus des Emanationswinkels abnimmt, durch einen Versuch: da er nämlich die Bilder von zwey gleichmäßig erleuchteten, aber gegen die Axe eines Linsenglases ungleich gestellten

len Flächen, in gleichen Entfernungen von der Axe, gleich helle sand. Ein undurchsichtiger Körper kann in zweyerley Absichten weiß genannt werden, einmahl, wenn er das auffallende Licht so zurückwirft, daß die gefärbten Strahlen darin in der zur Weiße gehörigen Mischung vorhanden sind, es mag nun so viel von dem auffallenden seyn, als es wolle; zweytens, und dieß wäre der höchste Grad der Weiße, wenn er alles auffallende weiße Licht wieder zurücksendet, dergleichen es aber wohl nicht giebt. Man kann aber diese Weiße zur Einheit brauchen, um die wirkliche Weiße in diesem Verstande dadurch auszudrucken. Hier giebt Lambert einen sehr merkwürdigen Lehrsatz: Wenn nämlich die Ebene (fig. 60.) G von einer Lichtflamme L senkrecht erleuchtet wird, und vermittelst eines Linsenglases AB das Bild derselben F auf der Ebene DF in einer solchen Entfernung aufgefangen wird, daß die Helligkeit in der Mitte des Bildes F der Helligkeit eben der Ebene in D von dem gerade auffallenden Lichte gleich ist, so erhält man die Weiße der Ebene G, wenn das Produkt aus dem Quadrate der Entfernung LG und dem Quadrate der Sekante des Winkels AGC durch das Produkt aus der Undurchsichtigkeit des Linsenglases, dem Quadrate der Entfernung LD und dem Produkte der Tangente des Winkels AFC dividirt wird. Weiße bedeutet hier die Menge der zurückgeworfenen Lichtstrahlen, die Menge der einfallenden durch 1 ausgedruckt; Undurchsichtigkeit die Menge der durch die Linse wirklich nach F zusammenkommenden Strahlen, wenn die Menge der auf die Linse fallenden 1 heißt. Dieses muß durch die Erfahrung vorher ausgemacht werden. So fand er mittelst des obengedachten Linsenglases, daß die Weiße eines Buchs Papier von der weißesten Gattung nur

0,4102, oder $\frac{2}{5}$ iſt. Ein einzelner Bogen hatte nur eine Weiße von etwa $\frac{2}{13}$. Er beſtrich ganz weißes Regalpapier mit Cremſer Weiß, und fand die Weiße deſſelben nicht viel größer als vorher, nämlich 0,4230. Auch nahm er zwey mit Mennige beſtrichene Bogen, ſtellte einen in G, den andern in F, und verfuhr wie vorher. Hier fand er den Bruch 0,2532, welcher die Menge der rothen zurückgeworfenen Strahlen anzeigt, die Menge der einfallenden Rothen 1 geſetzt. Statt der Mennige nahm er Kreuzbeerenſaft, auch Grünſpan, und fand für jene Farbe den Bruch 0,2620, für dieſe 0,1149.

In dem vierten Theile handelt Lambert die Lehre von der ſcheinbaren Helligkeit ab, beſonders wenn das Auge ſich der Fernröhre bedient. Hievon finden ſich ſchon ſchätzbare Unterſuchungen in der Smithiſch-Käſtnerſchen Optik.

In dem fünften Theile redet Lambert von der Zerſtreuung des Lichts, und insbeſondere beym Durchgange durch die Atmoſphäre. Hiebey geht er ſehr von Bouguer ab. Dieſer fand, daß die Dichtigkeit des ſenkrecht auf die Atmoſphäre fallenden Lichts, wenn es die Erdfläche erreicht, 0,8123 iſt, die Dichtigkeit des auffallenden Lichts außerhalb der Atmoſphäre = 1 genommen. Lambert hat zu Chur, im Graubündner Lande, wo das Barometer 26 Par. Zoll hoch ſteht, die Verminderung des Lichts weit ſtärker gefunden. Seine Verſuche ſelbſt beſchreibt er nicht; er führt aber an, er habe gefunden, das Licht werde, wenn es ſenkrecht durch die Atmoſphäre geht, in dem Verhältniſſe 100:59 geſchwächt. Hieraus und aus ſeinen Rechnungen giebt er folgende Tabelle:

Höhe

Höhe des Gestirns	Schwächung des Lichts, v.	Höhe des Gestirns	Schwächung des Lichts, v.
90°	0,5889	40	0,4387
80	0,5841	30	0,3467
70	0,5692	20	0,2126
60	0,5425	10	0,0476
50	0,5009	Licht außer der Atmosphäre	1,0000

Die Rechnung des Herrn Lambert ist viel leichter, als Bouguer's. Er beweißt, daß der Logarithme der Schwächung des Lichts sich wie die Summe aller Hindernisse verhält, ohne daß es dabey auf die Krümmung des Weges, und die Art der Vertheilung der Hindernisse ankommt, daher man die Atmosphäre so viel niedriger machen kann, als wenn sie gleichförmig dicht wäre. In dieser Voraussetzung berechnet er den Logarithmen der Schwächung des Lichts durch eine Reihe, deren Coefficienten durch die Erfahrung, nämlich durch die Vergleichung des Sonnenlichts in verschiedenen Höhen, gefunden werden. Das erste Glied dieser Reihe ist bey Höhen, welche nur über 10 Grad betragen, schon hinreichend. Es sey γ die Entfernung vom Zenith, v die Schwächung, oder die noch übrige Dichtigkeit des Lichts, nachdem es durch die Atmosphäre gegangen, so ist $\log. \frac{1}{v} = 0{,}23 . \sec. \gamma$. Nach Bouguer's Erfahrungen wären $\log. \frac{1}{v} = 0{,}089 . \sec. \gamma$.

Ferner untersucht Lambert auch die Helligkeit durchsichtiger Mittel, besonders der Atmosphäre, von dem darin zerstreueten Lichte. Die größte Helligkeit

der Luft iſt theils im Horizonte, theils in der Gegend der Sonne ſelbſt. Er geht hier viel weiter, als Bouguer, und giebt ſehr geſchmeidige Formeln, die Helligkeit der Luft für jede Stelle des Himmels und der Sonne zu berechnen. Die Reſultate derſelben ſind in dieſer Tafel enthalten:

Höhe der Sonne	Helligkeit im Horizonte	Helligkeit neben der Sonne	Helligkeit im Scheitel
90°	0,6310	0,2906	0,2906
80	0,6265	0,2923	0,2897
70	0,6126	0,3002	0,2864
60	0,5876	0,3123	0,2805
50	0,5482	0,3248	0,2710
40	0,4885	0,3500	0,2562
30	0,3972	0,3666	0,2338
20	0,2602	0,3503	0,1927
10	0,0705	0,1870	0,1178

Die Einheit zu dieſen Zahlen iſt die Helligkeit einer von der Sonne beſchienenen, außerhalb der Atmoſphäre befindlichen Partikel, die man außerhalb derſelben ſieht. Für eine jede Stelle des Himmels die Helligkeit der Luft zu erhalten, muß man aus der zweyten Columne den Unterſchied der Horizontalhelligkeiten nehmen, welche neben der Sonnenhöhe und der gegebenen Stelle ſtehen, dieſe mit der Coſecante der Höhe der gegebenen Stelle multipliciren, und mit dem Unterſchiede der Coſecanten der Höhe der Sonne um dieſer Stelle dividiren. Bey dieſer Berechnung ſind freylich noch einige Umſtände, die in der Natur eintreten, aus der Acht gelaſſen, weßwegen die Stellen neben der Sonne heller, als nach der Tafel, ausfallen werden; gleichwohl mag die Berechnung für die Luftperſpektive von großem Nutzen ſeyn. Auch berechs

rechnet Lambert eine Tafel, worin für verschiedene Höhen der Sonne die Helligkeit einer horizontalen Ebene, die entweder von der Sonne allein, oder von dem heitern Himmel allein erleuchtet wird, angegeben ist.

Der sechste Theil handelt von der Erleuchtung unsers Sonnensystems. Hieran haben schon vor Lambert mehrere gearbeitet, als Thümmig [s]), Smith [t]), Kies [u]), Euler [x]) und Bouguer [y]). Thümmig betrachtet bloß die Dichtigkeit des senkrecht auf die Hauptplaneten fallenden Sonnenlichts, welches er nach dem verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen berechnet, so daß seine Rechnung unrichtig ist, wenn alle Planeten einerley Weiße haben. Kies untersucht die Fälle, in welchen der Glanz der Venus am stärksten ist, nimmt aber auf den Unterschied der Erleuchtung und der gesehenen Klarheit keine Rücksicht. Bouguer bestimmt durch Versuche das Verhältniß zwischen der Helligkeit der Sonne und derjenigen des Mondes wie 300000 zu 1. Smith sucht es durch Schlüsse auf zweyerley Art, und findet es 90900 zu 1, wenn der Mond völlig weiß ist, oder alle auffallende Strahlen zurückwirft. Das Licht der Mondsbrüche läßt er in gleichem Verhältnisse mit der Breite des Bruchs abnehmen. Euler setzt das Verhältniß wie 374000 zu 1, macht aber, wie Smith, keinen Unterschied zwischen der gesehenen Klarheit und der Erleuchtung, und zieht den Emanationswinkel nicht in Betrachtung.

Lam-

s) Dissert. de propagatione luminis, per systema Planetarium. Halae 1721.
t) Lehrbegriff der Optik, durch Kästner. S. 382. f.
u) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1750. p. 218.
x) Ibid. p. 280.
y) Traité d'optique p. 85.

Lambert hingegen ſucht dieſen Gegenſtand genauer zu entwickeln, und macht mit der Unterſuchung des Mondenlichts den Anfang. Vorausgeſetzt, daß der Mond den vierten Theil des auffallenden Lichts zurückwirft, oder daß ſeine Weiße $\frac{1}{4}$ iſt, ſo iſt die Sonne 277000 mal heller, als der Mond. Dieſes weicht von der Bouguer'ſchen Beſtimmung nicht viel ab, kommt auch von einer andern Seite mit der Smith'ſchen überein, welcher die Helligkeit des Mondes der Helligkeit des heitern Himmels gleich hält, die Lambert genau auch 277000 mal ſo klein findet, als die Klarheit der Sonne. Indeſſen ſcheint dieſe Helligkeit Lambert'en zu groß. Denn das weißeſte Bleyweiß hat nur eine Weiße, die $\frac{2}{5}$ iſt. Er läßt alſo dieſen Punkt unausgemacht, berechnet aber dagegen auf eine neue Art die geſehene Klarheit des Mondes nach allen ſeinen Geſtalten. Zur Einheit nimmt er die Helligkeit derjenigen Theile an, die mitten auf dem Monde liegen, wenn ſie ſenkrecht, wie in dem Vollmonde erleuchtet werden, und zwar, da ſie nicht immer gleich iſt, nach einem Mittel.

Entfernung des Mondes von der Sonne	Mittlere Klarheit d. Mondsgeſtalt	Entfern. des Mondes von der Sonne	Mittlere Klarheit d. Mondsgeſtalt
0°	0,0000	90°	0,4244
10	0,0494	100	0,4657
20	0,0986	110	0,5048
30	0,1475	120	0,5413
40	0,1959	130	0,5747
50	0,2437	140	0,6043
60	0,2907	150	0,6294
70	0,3366	167	0,6490
80	0,3814	178	0,6619
90	0,4244	180	0,6666

Auch

Auch giebt Lambert eine Berechnung der Erleuchtung einer Ebene von dem Monde außerhalb der Atmosphäre, auf welche Art auch die Klarheit dieser Tafel zu nehmen ist. Darauf untersucht er, wie sehr der Mond durch das von der Erde zurückgeworfene Licht, welches man an dem Neumonde deutlich wahrnimmt, erleuchtet werde. Die Weiße der Erde rührt nicht sowohl von ihrer Oberfläche, als von ihrer Atmosphäre, her. Das Wasser wirft wenig Licht zurück, das feste Land auch nicht viel, außer was mit Schnee bedeckt ist. Hingegen verhält sich die Helligkeit der Atmosphäre zu der Helligkeit des Bleyweißes, bey einer Sonnenhöhe von 60 Grad und bey senkrecht auffallendem Lichte, wie 2 zu 5. Da nun die Weiße des Bleyweißes 0,4 ist, und die Sonnenstrahlen bey einer Höhe von 60° in dem Verhältnisse 5 : 3 geschwächt werden, so ist die Helligkeit einer vollkommen weißen Ebene zu der mittleren Helligkeit der Atmosphäre wie $(\frac{5}{3} \cdot \frac{5}{2}) : \frac{2}{5} = 125 : 12 = 10\frac{1}{2} : 1$. Würde also weiter kein Licht von der Erde auf den Mond zurückgeworfen, so wäre die Weiße der Erde $\frac{1}{10}$. Wird diese noch durch das Licht von dem Körper der Erde um $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ vermehrt, so wird die Weiße der Erde $\frac{1}{7}$ oder $\frac{1}{8}$. Größer mag auch die Weiße des Mondes schwerlich seyn, obgleich Bouguer's Versuch sie größer zu machen scheint.

Von dem Monde geht Lambert zu den Planeten über, deren Helligkeit zu messen er die Helligkeit des Mittels der erleuchteten Erdfläche zur Einheit annimmt, und diese Helligkeiten umgekehrt den Quadraten der Entfernungen von der Sonne proportional macht.

Planeten	Centralhelligkeit in der Oppoſition		
	gröſte	mittlere	kleinſte
Jupiter	0,0120	0,0110	0,0099
Saturn	0,0408	0,0370	0,0334
Mars	0,5234	0,4307	0,3608
Erde	1,0134	1,0000	0,9672
Venus	1,9396	1,9113	1,8856
Merkur	10,5760	6,6735	4,5560

Die Zahlen dieſer Tafel braucht man nur durch die Zahlen für die Mondsgeſtalten zu multipliciren, um die mittlere Helligkeit jeder Phaſe zu erhalten. Man muß wiſſen, daß die Helligkeit der ganzen erleuchteten Scheibe allemal $\frac{2}{3}$ der Centralhelligkeit iſt. Die obern Planeten zeigen nicht alle Phaſen, wie die untern, und verändern ſich daher in der Helligkeit wenig; denn bey einerley Entfernung des Planeten von der Sonne iſt das Verhältniß zwiſchen der Helligkeit der völlig erleuchteten und der am meiſten verminderten Scheibe für

Saturn — 1 : 0,998
Jupiter — 1 : 0,990
Mars — 1 : 0,862

Von dieſer Erleuchtung iſt die Helligkeit der Planeten, in ſo fern ſie ins Auge fällt, noch verſchieden, als welche ſich wie die Menge des Lichts, das ins Auge kommt, dividirt durch die Oeffnung des Bildes auf der Netzhaut verhält. Dieſe verhält ſich demnach umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne, direkt wie das Quadrat des Sinus des ſcheinbaren Durchmeſſers des Planeten von der Erde geſehen; und muß dabey im Verhältniſſe der Centralhelligkeit des Planeten, wenn er in der Oppoſition iſt, zu der mittleren Helligkeit ſeiner Phaſe, wie auch im Verhältniſſe

der

der scheinbaren ganzen Scheibe zu der scheinbaren Grösse der Phase vermindert werden; wobey es endlich noch auf die Weiße des Planeten ankommt. Setzt man die Weiße bey allen gleich, so verhält sich die Erleuchtung bey den obern Planeten in der Opposition, und bey den untern in der Dichotomie folgender Maaßen

Saturn	— —	1
Jupiter	— —	22
Mars	— —	108
Venus	— —	307
Merkur	— —	97

Diese Verhältnißzahlen müssen noch durch die Größe des Bildes jedes Planeten auf der Netzhaut dividirt werden, um die wahre Helligkeit mit bloßen Augen zu erhalten. Dieses Bild ist größer, als es mathematisch seyn müßte, nicht allein wegen der kleinen Ausbreitung der Lichtkegel auf der Netzhaut, sondern auch, weil die nächst dem Bilde gelegenen Fibern mit gereizt werden, und das Bild nicht ruhig an einer Stelle bleibt, weßwegen die Stellen, auf welchen es herumirrt, den Eindruck eine kurze Zeit behalten, und das Bild vergrößern. Dieses so vergrößerte Bild nennt Lambert imaginem sensibilem. Es ist für jeden Planeten ein anderes, und daher werden die Helligkeiten sich der Gleichheit mehr nähern, als die angeführten Zahlen. Den Beschluß dieses Theils machen Untersuchungen über das Licht der Fixsterne und Muthmaßungen über ihre Entfernungen.

Der letzte Theil enthält Berechnungen und Versuche über die Stärke des gefärbten Lichts und des Schattens. Der Unterschied verschiedentlich gefärbter Strahlen, in Absicht auf die Helligkeit, ist so gering, daß man aus demselben die so verschiedene Beschaf-

schaffenheit der Farben, die den Augen so sichtbar ist, schwerlich herleiten kann. Es kömmt die Helligkeit theils auf die Stärke jeder Gattung von Strahlen, theils auf ihre Dichtigkeit an. Ueber diesen sehr schweren Gegenstand hat Lambert verschiedene Versuche, und einen Entwurf zu einer Berechnung mitgetheilt, welche darüber einiges Licht geben.

Beugung des Lichts.

Nach Maraldi haben sich Mehrere mit der Beugung des Lichts beschäftigt, und sie verschiedentlich zu erklären gesucht. Der Herr von Mairan begnügte sich bloß damit, die bereits bekannten Erscheinungen zu erklären, ohne neue hinzuzufügen. Er nahm nämlich an, daß um alle Körper Atmosphären sich bilden, wodurch zwey Zurückwerfungen und zwey Brechungen entstehen, eine an der Oberfläche der Atmosphäre, die andere an dem Körper selbst. Die Dichtigkeit und die brechende Kraft der Atmosphäre hielt er für veränderlich, wie man sie an der Luft wahrnimmt.

Auch du Tour [z]) nahm eine solche Atmosphäre an, hielt aber nicht für nöthig, sie ungleich dicht zu machen. Ihre brechende Kraft sollte geringer, als die der Luft seyn. Uebrigens stellte er Versuche unter mancherley Abänderungen an, welche angeführt zu werden verdienen.

Sonst hatte man an dem gebogenen Lichte nur drey farbige Säume bemerkt; allein du Tour bemerkte zufällig weit mehr, und erdachte folgende sinnreiche Methode, sie alle deutlich darzustellen. Er nahm ein kreisrundes Bret (fig. 61.) ABCD, 13 Zoll im Durchmesser, welches schwarz bestrichen war, außer

z) Mémoir. présentés. Vol. V. p. 636.

außer am Rande, wo ein Ring von weißem Papier sich befand, der von A auf jeder Seite nach E hin in 180 Grade eingetheilt war. Um das Bret war ein Streifen Pergament, wie ein Reif, befestigt, mit einem viereckten, 4 oder 5 Linien breiten Loche bey E, um einen Sonnenstrahl hindurch fallen zu lassen. In dem Mittelpunkte wurde senkrecht auf das Bret eine Nadel, etwa $\frac{1}{3}$ Linie dick, gesteckt. Der Lichtstrahl ward durch einen senkrechten Einschnitt, $2\frac{1}{2}$ Linien lang, und etwa so weit, als die Nadel dick war, ins Zimmer gelassen, gieng durch das Loch bey E parallel mit der Fläche des Brets, und warf das Bild der Sonne nebst dem Schatten der Nadel, bey A auf den pergamentnen Reif.

Seine hiebey gemachten Beobachtungen sind diese: 1. rings auf der ganzen vertieften Oberfläche des Reifs zeigten sich viele farbige Streifen, aber der Raum mAn, etwa 18 Grad groß, in dessen Mitte das Bild der Sonne lag, war bloß mit einem schwachen Licht erfüllt; 2. die Ordnung der Farben an diesen Streifen war meistentheils so, daß die brechbarsten Strahlen dem einfallenden ECA am nächsten lagen; oder daß, von A angerechnet, das Violet in den Streifen den Anfang, und Roth den Beschluß machte, einige ausgenommen, in welchen diese Folge verkehrt war. 3. Der Schatten der Nadel war mit zwey Lichtstreifen begrenzt; 4. die farbigen Streifen waren an einigen Stellen des Reifs schmäler, als an andern, und wurden überhaupt schmäler, je weiter sie von A ablagen; 5. zwischen diesen farbigen Streifen befanden sich bisweilen einige weiße, eine oder $1\frac{1}{2}$ Linie breit, die allemal auf beyden Seiten von einem orangefarbigen Striche begrenzt waren, wenigstens

dann, wenn das Sonnenlicht ſtark genug und das Zimmer hinlänglich dunkel war.

Aus dieſem Verſuche, glaubt er, erhelle klar, daß die Strahlen, welche bey der Nadel vorbeygehen, nicht die einzigen ſind, die ſich in Farben zertheilen, weil auch die zurückgeworfenen in Farben zerſpaltet werden, und daher eine Brechung erlitten haben müſſen. Auch iſt er der Meynung, daß die vorbeyfahrenden eine Zurückwerfung leiden, und daß alſo alle Strahlen gleichmäßige Veränderungen erfahren. Deßwegen nimmt er eine kleine Atmoſphäre von gleichförmiger Dichtigkeit und geringer brechender Kraft, als die Luft, an. Die farbigen Streifen nächſt dem Schatten der Nadel werden, wie er glaubt, von denjenigen Strahlen hervorgebracht, die zwar in die kleine Atmoſphäre des Körpers kommen, aber auf die Nadel nicht fallen; und daher, ohne Zurückwerfung, nur beym Eingange und Ausgange gebrochen werden. Er zeigt, daß ſolchergeſtalt die farbigen Streifen nach dem Schatten hin breiter, und weiter von demſelben ſchmäler werden müſſen; denn diejenigen, welche hievon eine Ausnahme machten, veränderten durchs Umdrehen der Nadel ihre Stelle, zum Beweiſe, daß dieſe Abweichungen von gewiſſen zufälligen Umſtänden an der Oberfläche der Nadel herrühren mußten. Dergleichen Umſtänden ſchreibt er auch die lichten Striche zwiſchen den gefärbten zu, weil ſie bey Umdrehung der Nadel ihre Stellen veränderten.

Du Tour bemerkt, daß ſeine Hypotheſe mit einer Newton'ſchen Wahrnehmung nicht übereinſtimme, nach welcher die an dem Körper zunächſt vorbeyfahrenden Strahlen am meiſten gebogen werden; er glaubt aber, daß Newton's Beobachtung

ıng unrichtig seyn möge, besonders da er selbst sagt: s sey ihm so vorgekommen, und es folglich nicht zus erlässig behauptet.

Als er in einen Lichtstrahl zwey Stücke Papier ergestalt hielt, daß ein Theil des Strahls zwischen ire Ebenen durchgieng, nahm er an dem Rande des urchgegangenen Lichts, das er auf einem Papiere auf- eng, zwey orangefarbige Streifen wahr, deren Newton in seinen Versuchen nicht erwähnt. Er erklärt dieß daher, daß die brechbarsten Strahlen beym Eintritte in die Atmosphäre des Papiers so gebrochen erden, daß sie neben dem Rande desselben vorbeyger- en, dagegen die am wenigsten brechbaren auf dem Land fallen, und von da zur Seite über jene brechbar- en Strahlen hinaus zurückgeworfen werden. Auf den diese Art erklärt er auch die orangefarbigen Säu- le an den lichten Strichen in dem obigen Versuche mit dem pergamentnen Reife.

Zur Erklärung einer andern Beobachtung, wel- he mit einer von Newton gemachten übereinstimmt, aß nämlich das an der Ecke eines Körpers vorbeyge- ende Licht in zwey Ströme getheilt wird, nimmt er n, daß ein Theil des Lichts von der Ecke selbst, der ndere von der inwendigen Fläche der Atmosphäre des- lben zurückgeworfen wird, daher sich die Strahlen nander kreuzen müssen, wie es in fig. 62. abgebildet t. Er fand auch, wie er außerhalb seines verfinster- n Zimmers Körper hinstellte, daß die Strahlen pc, d an der Seite ap des einfallenden Lichts, so wie e Strahlen rf, rg von der Seite br desselben her- mmen.

Endlich bemerkte er auch noch, daß, wenn er urch ein Stück Papier die Oeffnung in den Fenster-

laden sehr schmal machte, das Bild der Sonne von dem durchfallenden Lichte sich sehr in die Länge ausdehnte, und zuerst von einen orangefarbigen Streifen, darauf von bunten Streifen, wie sie sich sonst zu zeigen pflegen, und endlich von einem schwachen Lichtscheine begränzt war, der immer schwächer ward, je weiter er sich von dem Bilde entfernte. Diese Erscheinung erklärt er daher, daß die Atmosphären des Papiers und des Holzes, wenn sie an einander rucken, zusammengedruckt, und dadurch flacher werden, weßwegen die Strahlen, die alsdenn schiefer als vorher auffallen, von ihrem Wege mehr abgelenkt werden, als es sonst geschehen seyn würde.

Auch le Cat [a]) hat sich mit der Beugung des Lichts beschäftigt, und einige artige Phänomene mitgetheilt. Er betrachtete einmal einen entfernten Thurm, und zugleich einen Drath, der nicht so dick, als der Durchmesser der Pupille war, in einer kleinen Entfernung vom Auge. Hier fand er, daß, so oft der Drath, welchen er zwischen dem Auge und dem Gegenstande hin und her bewegte, vor die Pupille kam, der Thurm seine Stelle zu verändern schien, und daß einige Hügel jenseits des Thurms eben so sich zu bewegen schienen, nicht anders, als wenn er ein Linsenglas zwischen seinem Auge und ihnen hin und her geführt hätte. Bey näherer Untersuchung dieser Sache fand er, daß es eine gewisse Entfernung des Draths vom Auge gab, die aber schwer zu behalten war, bey welcher der Thurm keine Bewegung zu haben schien, wenn er den Drath vor sein Auge vorbeyführte, und in diesem Falle schien der Thurm weniger deutlich und dabey vergrößert. Weil diese Umstände eben so wie bey einem Linsenglas

a) Traité des sens. à Rouen. 1742. 8. p. 299 sqq.

glase sind, so gab er insbesondere Acht auf sie, und stellte sein Auge in Absicht auf den Thurm so, daß die Lichtstrahlen, welche von ihm ins Auge kamen, sehr nahe an dem Rande eines Fensters, an welches er sich bey dieser Beobachtung gestellt hatte, vorbeygehen mußten. Als er den Drath noch einmal vor sein Auge vorbeyführte, bemerkte er, daß, wenn er in der Seheare war, der Thurm dem Fenster näher schien, von welcher Seite er auch den Drath hergeführt hatte. Er wiederholte den Versuch immer mit demselben Erfolge: daß der Thurm vergrößert und doppelt so groß schien.

Dieß Phänomen erklärt le Cat aus der Beugung des Lichts auf folgende Art: In der fig. 63. stellt b das Auge, a den Thurm und c den Durchschnitt des Draths vor. Die ausgezogenen Linien bedeuten die Lichtstrahlen, durch welche das Bild des Thurmes ohne den Drath im Auge entworfen wird, welches viel kleiner als der Durchmesser des Draths ist; die punktirten Linien aber schließen nicht allein den Lichtkegel ein, der durch den Drath aufgefangen wird, sondern auch die entfernten Strahlen, die von dem Drathe gebogen, und mehr convergirend ins Auge geschickt werden, eben so, als wenn eine Linse zwischen dem Auge und dem Gegenstande gehalten würde.

Diese Wahrnehmung von der Beugung des Lichts leitete ihn auf die Entdeckung verschiedener anderer von eben dieser Ursache abhangender Erscheinungen. So vergrößerte er kleine Dinge, z. B. einen Nadelknopf, wenn er sie durch ein kleines in ein Kartenblatt gestochenes Loch betrachtete, und die Strahlen von diesen Gegenständen so nahe an dem Umfange des Lochs vorbeygiengen, daß sie davon angezogen wurden. Desgleichen bemerkte er auch, wenn er seinen Finger nahe

an den Lichtkegel brachte, der in sein Auge von einem Gegenstande fiel, welcher sich von den umliegenden so wohl unterschied, wie eine glühende Kohle mitten in der Asche, oder wie eine todte Kohle mitten im Feuer, daß alsdenn der Gegenstand nach seinem Finger hin sich auszustrecken schien, wenn dieser hinzugeführt ward, und ihm bis auf eine gewisse Weite zu folgen, wenn er weggezogen ward. Derselben Ursache schrieb er es auch zu, daß, wenn Wolken vor der Sonne vorübergehen, die Schatten der Körper sich auf allerhand Art bewegen, und zu tanzen scheinen, wenn die Wolken an mehreren Stellen durchbrochen sind, wie man dieß besonders an dem Schatten des Fensterbleyes wahrnehmen kann. Eben dieser Beugung des Lichts schrieb er auch zum Theil die prismatischen Farben zu, welche er vermittelst einer feinen, hart ans Auge gehaltenen Nadel erblickte, wenn er die Strahlen einer Lichtflamme schief darauf fallen ließ.

Auch führt Klügel b) einen Versuch an, wo Beugung mit Brechung verbunden ist. Man halte, sagt er, ein Bret, worauf ein Paar Stecknadeln befestigt sind, senkrecht in ein Gefäß mit Wasser, dergestalt, daß die obere Nadel die Oberfläche des Wassers berühre. Darauf bringe man das Auge mit dieser Nadel und dem Bilde der untern in eine gerade Linie, so wird dieses Bild gespalten erscheinen. Hält man das Auge etwas von dem Brete abwärts, so erscheint das Bild, wie eine Gabel, deren Zacken weit feiner sind, als der Stiel oder der ungespaltene Theil des Bildes. Wo die Zacken sich krümmen und mit dem Stiel zusammenlaufen, welches neben dem Kopfe der obern

b) Priestley's Geschichte der Optik durch Klügel. S. 392.

obern Nadel geschieht, erscheint ein feiner hellrother Strich auswärts. Bewegt man das Auge nach dem Brete hin, daß der Kopf der untern Nadel dem Kopfe der obern sich nähert, so verliert sich der Stiel der Gabel, und die beyden Zacken laufen oben in einen Halbkreis zusammen, der Farben spielt. Sobald man die obere Nadel das Wasser nicht berühren läßt, fallen alle diese Erscheinungen weg, und das Bild wird, wie eine wirkliche Nadel, von der obern bedeckt.

Vergleichung der Stärke des Lichts.

Seit Newton's Zeiten sind von den Naturforschern mehrere sinnreiche Methoden, die Lichtstärke der verschiedenen Körper zu vergleichen, erdacht, welche angeführt zu werden verdienen. Der Herr von Mairan c) führt eine Methode vom Prof. Celsius zu Stockholm an. Dieser betrachtete nämlich ein Papier, auf welchem er drey kleine concentrische Kreise gezeichnet hatte, in verschiedenen Entfernungen, und maaß dabey jedesmal die Weiten einer Lichtkerze, welche das Papier erleuchten mußte, wenn er die Kreise deutlich sah. Er fand, daß die Entfernungen der Kerze von dem Papiere sich umgekehrt wie die vierten Potenzen der Entfernungen des Auges von dem Gegenstande verhalten müßten; daß man also, um ein kleines Objekt in der zweyfachen Entfernung eben so deutlich zu sehen, wie in der einfachen, es 256mal stärker erleuchten müßte. Allein Bouguer bemerkt dagegen, daß die Deutlichkeit des Sehens überhaupt nicht von der Stärke des Lichts abhängt. Wenn ein Gegenstand sich außerhalb den Grenzen des deutlichen Sehens befindet, so helfe die Vermehrung oder

c) Histoir. de l'Acad. de Paris. an. 1735.

oder Verminderung der Erleuchtung gar nicht dazu, denſelben deutlicher zu machen. Es ſey ein höchſt ungefährer Zufall, daß die angeführte Proportion der Entfernungen für des Celſius Augen eingetroffen iſt.

Bouguer [d]) erdachte ſich folgende Vorrichtungen, das Verhältniß der Lichtſtärke zu beſtimmen: Er nahm zwey Stücke Holz oder Pappe (fig. 64.) ec und cd, mit zwey gleich großen Löchern p und q, welche er mit geöltem oder weißem Papier überzog. Auf dieſe Löcher ließ er das Licht derjenigen Körper, welche er mit einander vergleichen wollte, fallen, ſtellte aber noch ein drittes Stück Holz oder fc dazwiſchen, um zu verhindern, daß beyde Lichter ſich nicht mit einander vermiſchen ſollten. Hierauf ſtellte er ſich auf der einen oder der andern Seite ſeiner Vorrichtung, gewöhnlich aber auf derjenigen, welche dem Lichte entgegengeſetzt war, und veränderte die Stellung der leuchtenden Körper ſo lange, bis die Papiere in beyden Löchern gleich helle erleuchtet ſchienen. Darauf berechnete er aus dem Verhältniſſe der Quadrate ihrer Entfernungen von dem Papiere das Verhältniß der Stärke. War das Licht eines Körpers zu ſchwach, ſo bediente er ſich auch Linſengläſer, es zu verſtärken, und ſchloß dieſe in Röhren ein, oder nicht, nachdem es ſeine jedesmalige Abſicht erforderte.

Die Stärke des Lichts zu meſſen, welches uns die himmliſchen Körper, oder eine gewiſſe Stelle des Luftkimmels zuſenden, erdachte er eine Art von tragbarer Camera obſcura. Zwey inwendig angeſchwärzte Röhren (fig. 65.) ac und ec waren zu unterſt bey c durch ein Gewinde verbunden. Unten an dieſen Röhren waren zwey Löcher r und f, drey bis vier Linien breit,

d) Traité d'optique.

breit, welche mit zwey Stücken feinen weißen Papiers bedeckt waren. An dem andern Ende jeder Röhre war eine kreisrunde Oeffnung, einen Zoll weit, und eine der Röhren bestand aus zwey Stücken, wovon das eine herausgezogen werden konnte, welches eben den Dienst that, als wenn die Weite der Oeffnung wäre verändert worden. Bey dem Gebrauche dieses Werkzeuges hat der Beobachter seinen Kopf und das Ende bey c so bedeckt, daß kein Licht in sein Auge, als nur durch die Röhre bey r und f kommen kann, wobey ein Gehülfe das Werkzeug richtet, und die Röhre de nach der Angabe des Beobachters verlängert oder verkürzt. Sind beyde Löcher dem Augenmaaße nach gleich helle, so verhält sich die Stärke des darauf fallenden Lichts umgekehrt wie die Quadrate der Längen der Röhren.

Wenn man dieses Werkzeug brauchen will, so muß jeder der Gegenstände, deren Licht in die Röhren fällt, unter einem beträchtlich größern Winkel, als die Oeffnungen a und d, bey c gesehen werden; sonst hilft das Ausziehen nichts. Damit er in diesem Falle, wenn die Gegenstände zu klein waren, nicht nöthig hätte, das Werkzeug gar zu groß, oder die Oeffnung d zu klein zu machen, so bediente er sich eines andern Werkzeuges, welches aus zwey Röhren besteht, die sechs, zuweilen 10 bis 12 Fuß lang sind, und an den Enden zwey völlig gleiche Objektivgläser führen, deren Brennpunkte auf das andere Ende jeder Röhre fallen. Hier sind zwey Löcher, jedes drey oder vier Linien weit, die mit weißem Papier oder mit einem matt geschliffenen Glase bedeckt sind. Uebrigens wird dieses Werkzeug völlig so, wie das vorige, gebraucht. Sind die beyden zu vergleichenden Lichter nicht von

einerley Stärke, so muß das Licht, welches von ihnen auf das Papier in der Oeffnung fällt, durch die Verminderung der Oeffnung an dem einen Objektivglase einander gleich gemacht werden.

Wenn die zu beobachtenden Gegenstände fast in derselben geraden Linie liegen, so kann man, wie Bouguer anmerkt, statt der beyden Röhren eine einzige gebrauchen, in welcher man die Objektivgläser neben einander stellt, und an der untern auch nur ein einziges Okularglas befestigt. Das Werkzeug hat alsdenn eine Aehnlichkeit mit dem Heliometer, oder Astrometer, welches er im Jahre 1748 bekannt machte.

Hiebey ist aber zu merken, daß man durch diese beyden Werkzeuge nicht die absolute Menge der Strahlen, sondern die Dichtigkeit oder Intensität des Lichts mißt. Jene ist das Produkt aus der Intensität in die Fläche des leuchtenden Körpers. Die Intensität des Lichts kann sehr groß seyn, und die Erleuchtung, welche andere Körper davon erhalten, sehr gering, weil die leuchtende Oberfläche sehr klein ist; so wie hingegen, wenn diese sehr groß ist, bey geringer Intensität dennoch eine starke Erleuchtung seyn kann.

Da Bouguer's wichtigsten Versuche bereits angeführt sind, so wird es nur nöthig seyn, einige Beyspiele beyzufügen, wie er seine eben beschriebenen Werkzeuge zur Messung des Lichts gebraucht hat.

Es ist bekannt, daß irgend jemand, der an einem stark erleuchteten Orte steht, im Schatten liegende Gegenstände nicht unterscheiden kann, so wie er auch nichts zu erkennen im Stande ist, wenn er aus dem Lichte unmittelbar an einen Ort geht, wo nur sehr wenig

wenig Licht ist. Hieraus folgt, daß der Eindruck von einem starken Lichte auf das Auge, und die nachbleibende Empfindung desselben, die Wirkung eines schwachen Lichts verdrängen. Das Verhältniß der Intensitäten in diesem Falle zu bestimmen, ließ er das Licht zweyer Kerzen auf eine sehr weiße Fläche fallen, fing das Licht der einen mit einem Lineale auf, und entfernte sie so weit, bis der Schatten, welcher von der andern erleuchtet ward, nicht mehr zu erkennen war. Dieß geschahe, wie er jene achtmahl so weit als diese von der Fläche entfernt hatte. Hieraus schließt er, daß ein Licht, wenn es $64 = 8^2$ mahl schwächer ist, als ein anderes, gegen dieses nicht mehr zu merken ist. Uebrigens wird dieß für verschiedene Augen sehr verschieden ausfallen; doch glaubt Bouguer, daß die Grenzen zwischen 60 und 80 liegen mögen.

Vermittelst des zweyten der beschriebenen Werkzeuge verglich er die Stärke des von verschiedenen Stellen des Lufthimmels zurückgeworfenen Lichts, und fand, daß wenn die Sonne 25 Grad hoch stand, das Licht in einer Entfernung von 8 bis 9 Grad von der Sonne viermahl stärker war, als in einer Entfernung von 31 bis 32 Grad. Sehr merkwürdig ist es auch, daß, bey einer Höhe der Sonne von 15 oder 20 Grad, das Licht des Himmels längst einem Parallelkreise mit dem Horizonte in dieser Höhe, bis auf eine gewisse Weite von der Sonne, etwa 110 bis 120 Grad, immer abnimmt, hernach aber wieder zunimmt, und an dem der Sonne entgegengesetzten Punkte am größten wird.

Das Licht der Sonne, sagt Bouguer, ist zu stark, und das Licht der Sterne zu schwach, als

daß

daß man die Veränderungen deſſelben in verſchiedenen Höhen bemerken könnte. Da beydes aber, unter einerley Umſtänden, mit dem Lichte des Mondes ſich auf einerley Art verändern muß, ſo beobachtete er den Mond in verſchiedenen Höhen, und fand, daß die Erleuchtung deſſelben in der Höhe von 19° 16′ ſich zu der in der Höhe von 66° 11′ wie 1681 zu 2500, d. i. faſt wie 2 zu 3 verhalte. Dieſe Höhen hatte er deßwegen gewählt, weil ſie die Höhen der Sonne zur Zeit ihres Stillſtandes für Croiſie ſind, wo er ſich damals aufhielt. Wenn der Rand des Mondes den Horizont der See berührte, war ſein Licht 2000 mahl ſchwächer, als in der Höhe 66° 11′; wiewohl dieß Verhältniß, wie er auch eingeſteht, wegen der vielen Abwechſelungen in der Dichtigkeit der untern Atmoſphäre ſich auf mancherley Art verändern muß.

Endlich beobachtete Bouguer auch die verſchiedenen Theile der Sonnenſcheibe, und fand, daß ſie um den Mittelpunkt beträchtlich heller, als nach dem Rande hin, iſt. Es war in dem Verhältniſſe von 48 zu 35, daß der Mittelpunkt heller ſchien, als eine um $\frac{3}{4}$ des Halbmeſſers davon entfernte Stelle. Die Planeten hingegen, ſowohl die Haupt- als Nebenplaneten, fand er am Rande heller, als in der Mitte.

Die Vergleichung des Sonnenlichts mit dem Mondenlicht hat man oft anzuſtellen verſucht; allein es blieb bey ungefähren Muthmaßungen, bis daß Bouguer dieſe Sache genauer zu erforſchen unternahm. Er fand durch ein Mittel aus mehreren Verſuchen, daß das Mondenlicht 300000 mahl ſchwächer iſt, als das Sonnenlicht. Dieſes brachte er dadurch heraus, daß er ſowohl das Sonnen- als das Mondenlicht in ein verfinſtertes Zimmer durch ein Hohlglas

glas fallen ließ, und das sich zerstreuende Licht in einer solchen Entfernung auffing, daß es der Erleuchtung von einer in einer gewissen Entfernung gestellten Kerze gleich kam. Aus der Größe der Kreise, in welche sich das Sonnen- und Mondenlicht ausbreitete, und der jedesmaligen Entfernung der Kerze ward das obige Verhältniß geschlossen, welches freylich so ungeheuer groß ist, daß es nicht zu verwundern ist, wenn man mit dem Mondenlichte durch Brennspiegel keine Wärme hervorbringen konnte. Die größesten Brennspiegel verdichten das Licht nicht 1000 mahl, also bleibt das Mondenlicht in dem Brennraume eines Spiegels noch 300 mahl schwächer, als das gewöhnliche Sonnenlicht.

Nun entsteht aber die Frage, wie groß die Lichtmenge seyn würde, welche uns der Mond durch Zurückwerfung zusenden würde, wenn von dem auffallenden Lichte gar nichts verloren ginge? D. Smith [e]) glaubte, auf zweyerley Art erwiesen zu haben, daß das Licht des Vollmondes sich zu unserm Tageslichte wie 1 zu 90900 verhalte, wenn alle Strahlen zurückgeworfen würden. Zuerst nimmt er an, daß der von der Sonne erleuchtete Mond so helle scheint, als die Wolken im Mittel genommen; woraus er ferner folgert, daß das Sonnenlicht so groß ist, als das Licht aller Wolken auf der ganzen Halbkugel zusammen, oder dem Lichte von so vielen Monden, als die ganze Himmelsfläche bedecken könnten. Allein Smith hat sich geirrt. Es würde zwar seine Richtigkeit haben, daß das Sonnenlicht, welches senkrecht auf eine Fläche fällt, dem von der ganzen Halbkugel zurückgeworfenen Licht gleich seyn würde, wenn jeder Theil derselben

e) Optik durch Kästner. S. 28.

ſelben alles darauf fallende Licht zurückwürfe; aber das von der ganzen Halbkugel wirklich erhaltene Licht wird zum Theil ſchief aufgefangen, und beträgt nur die Hälfte desjenigen, welches von der ganzen Halbkugel herkommen würde, wenn jeder Theil derſelben ſenkrecht auf die zu erleuchtende Fläche ſchiene.

In den Anmerkungen zu ſeinem Werke bringt er durch ein anderes Verfahren dieſelbe Folge heraus, begeht aber dabey wieder den Fehlſchluß, daß er die ganze erleuchtete Halbfläche des Mondes die Strahlen der Sonne ſenkrecht erhalten läßt, da doch nicht mehr Strahlen darauf fallen können, als auf der Fläche eines größten Kreiſes der Mondskugel ſenkrecht enthalten ſind, welche genau die Hälfte von der halben Oberfläche des Mondes iſt.

Weit richtiger und genauer hat Lambert (Photometrie. §. 1039. ff.) durch Rechnung gefunden, daß der Mond, wenn er alles Licht wieder zurückwürfe, nur den 69250ſten Theil ſo helle als die Sonne wäre.

Einige Erſcheinungen, welche durch die Zurückwerfung des Lichts verurſacht werden.

Daß das zurückgeworfene Licht auch Hitze hervorbringen könne, beſonders wenn es dicht iſt, wie das Sonnenlicht, iſt eine bekannte Sache. Melville [f]) hat hierüber einige Bemerkungen gemacht. Seiner Meynung nach muß ein jedes färbendes Theilchen eines undurchſichtigen Körpers durch die Zurückwerfung der Lichttheilchen, welche zwiſchen denſelben Theilchen des Körpers hin und her geworfen werden, auch eine ſchwingende Bewegung annehmen, und die Zeit

f) Edinb. eſſays. Vol. II. p. 20. ſqq.

Zeit einer Schwingung muß so groß seyn, als diejenige, welche das Licht braucht, von einem Theilchen eines Körpers zu dem nächstliegenden zu kommen. Nun kann, selbst in den dichtesten undurchsichtigen Körpern, die Entfernung zweyer solcher Theilchen nicht über $\frac{1}{125000}$ eines Zolles betragen, welchen Raum das Licht in $\frac{1}{125000000000000}$ einer Sekunde beschreibt. Es vermag also das Licht den innern Theilen der Körper eine so schnelle Bewegung mitzutheilen, daß sie 125000000000000 und mehr Schwingungen in einer Zeit von einer Sekunde verrichten. Wenn mehrere Lichttheilchen, es sey in demselben Lichtstrahle oder in verschiedenen, an der Oberfläche desselben färbenden Theilchens anlangen, so mag wohl die Regelmäßigkeit der Schwingungen gestört werden, dadurch aber erfolgen sie desto häufiger, oder es entstehen dadurch noch kleinere Schwingungen an den Theilen, welche jenes Theilchen ausmachen. Auf solche Art wird also die innere Bewegung noch feiner, und inniger verbreitet; so daß, wenn die Menge des in den Körper dringenden Lichts zunimmt, die Schwingungen der Theilchen ebenfalls an Größe und Geschwindigkeit zunehmen müssen; bis sie zuletzt so heftig werden mögen, daß alle Bestandtheile durch den Zusammenstoß in Stücke zerspringen, welches eine Veränderung der Farbe und des Gewebes des Körpers zur Folge haben muß. — Indessen scheint sich Melville hier geirrt zu haben; denn es ist keinesweges als nothwendige Bedingung vorauszusetzen, daß die Geschwindigkeit der Theilchen des Körpers so groß sey, als diejenige des Lichts, welche sie in Bewegung setzt.

Da keine Zurückwerfung des Lichts anders, als an der Oberfläche eines Mittels statt finden kann, so

ist

iſt es unmöglich, wie Melville bemerkt, daß eine noch ſo große Menge zuſammengedrängter Strahlen für ſich in einen noch ſo kleinen Raum eine Hitze hervorzubringen im Stande iſt. Daraus folgt, daß derjenige Theil der Luft, welcher in dem Brennraume des ſtärkſten Brennſpiegels liegt, von den daſelbſt durchgehenden Strahlen nichts leidet, ſondern mit der umgebenden Luft in einem gleichförmigen Zuſtande bleibt; obgleich ein jeder undurchſichtiger, ja auch jeder durchſichtige Körper, welcher in dieſe Stelle gehalten würde, augenblicklich in die ſtärkſte Hitze gerathen müßte.

Melville hat dieſen Satz etwas zu erläutern geſucht. Er führt an, der leichteſte Weg, ſich durch die Erfahrung von der Sache zu verſichern, ſey, ein Haar oder ein Stück von einer Pflaumfeder unmittelbar über den Brennpunkt eines Brennglaſes oder eines Brennſpiegels zu halten, oder Rauch aus einer Röhre nach horizontaler Richtung darüber hin zu blaſen; weil, wenn die Luft in dem Brennraume heißer als die andere Luft wäre, ſie wegen ihrer Verdünnung beſtändig aufwärts ſteigen, und folglich die leichten Körperchen in Bewegung ſetzen müßte. Oder man ſtelle ein Brennglas ſo, daß der Brennraum deſſelben in Waſſer, oder in einen andern durchſichtigen Körper falle, davon man die Hitze mittelſt eines Thermometers von Zeit zu Zeit unterſuchen kann. Nur wird man bey dieſem Verſuche das Brennglas ſo nahe als möglich an den durchſichtigen Körper halten müſſen, damit nicht die Strahlen, wenn ſie dichter als gewöhnlich auf deſſen Oberfläche fallen, den Körper mehr erwärmen, als die Sonnenſtrahlen zu thun pflegen.

Dieſe

Diese Bemerkungen auf die Erklärung natürlicher Erscheinungen anzuwenden, bemerkt er, daß die Atmosphäre nicht sowohl von den durch sie gehenden Sonnenstrahlen, als vielmehr von der Berührung der erhitzten Erdfläche erwärmt wird. Daraus, glaubt er, lasse sich auf eine leichte und in die Augen fallende Art erklären, warum es in allen Erdstrichen auf den Spitzen sehr hoher Berge kalt ist, weil diese nämlich von der eigentlichen Oberfläche der Erde am weitesten entfernt sind. Denn es ist ganz bekannt, daß die Wärme eines durch Berührung mit einem dichten Körper erhitzten Fluidum in einem gewissen umgekehrten Verhältnisse der Entfernung von diesem Körper abnimmt. Er selbst fand durch wiederholte Versuche, daß die Wärme des Wassers in tiefen Seen von der Oberfläche herunterwärts ordentlich abnimmt. Um aber diese Frage völlig zu entscheiden, müßte man die Beschaffenheit der Luft im Thale und auf des Berges Spitze jede Stunde bey Tage und bey Nacht beobachten, und sorgfältig mit einander vergleichen.

Diesen Bemerkungen zu Folge glaubt er annehmen zu dürfen, daß die Hitze, welche von einer gegebenen Anzahl Strahlen in einem undurchsichtigen Körper von gegebener Größe hervorgebracht wird, bey einer größern Neigung der Strahlen gegen einander größer sey, als bey einer geringern. Denn theils werden die Richtungen der Schwingungen, welche die Einwirkung des Lichts entweder den färbenden Theilchen selbst, oder den von einer untern Gattung ertheilt, mehr in einander laufen, folglich werden die innern Anprellungen und Stöße stärker werden; theils werden auch die Lichtstrahlen, da die färbenden Theilchen der Körper mancherley Lagen haben, im Ganzen auf

jede ſenkrechter fallen, je mehr ſie ſelbſt gegen einander geneigt ſind. Liegt hierin nicht der Grund, frägt er, daß, wie man beobachtet hat, die Hitze des in einen Kegel zuſammenlaufenden Sonnenlichts, je näher man dem Brennpunkt kommt, weit mehr, als nach dem Verhältniß der Dichtigkeit des Lichts zunimmt? Daß der Unterſchied der Winkel, unter welchen die Strahlen auf ein Theilchen von gegebener Größe in verſchiedenen Entfernungen vom Brennpunkte fallen, nur klein iſt, beweiſe nicht, daß man die Erſcheinung nicht daraus herleiten könne, weil wir nicht wiſſen, wie groß der Einfluß des einen und des andern der beyden erwähnten Umſtände ſeyn mag. Daß es übrigens von keiner unbekannten Gegenwirkung der Strahlen auf einander herrühre, wie man hat ſagen wollen, erhelle daraus, daß jeder einzelne Strahl, nachdem er durch den Brennpunkt gegangen, ſeine Farbe und Richtung ſo gut behält, als wenn er ganz für ſich allein vorhanden geweſen wäre.

Ungeachtet aber die Hitze des Sonnenlichts durch Verdichtung ſo groß werden kann, daß daraus faſt unglaubliche Wirkungen an Körpern entſtehen, ſo war doch der Abt Nollet g) nicht im Stande, mancherley brennbare Körper in einen Brennpunkt vereinigter Sonnenſtrahlen anzuzünden. So war er nicht vermögend, Weingeiſt, Olivenöl, Terpentinöl oder Aether in dem Brennpunkte anzuzünden, und ob er gleich Schwefel in Brand ſetzen konnte, ſo mißlang es doch mit Siegellack, Harz, Pech und Talg. Er ließ den Brennpunkt ſowohl auf dieſe Körper ſelbſt, als auch auf den von ihnen aufſteigenden Dampf fallen; allein es erfolgte nichts, als daß die geſchmolzene Maſſe in's Kochen

g) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, 1757.

Kochen gerieth, und als Dünste oder sehr kleine Tropfen verflog, ohne sich entzünden zu wollen. Linnene Sachen oder andere dichte Körper, welche mit einer der genannten Flüssigkeiten benetzt waren, geriethen nicht eher in Brand, als bis die Flüssigkeit in einem starken Dampfe verflogen war, so daß die solchergestalt zubereiteten Sachen später Feuer fingen, als wenn sie trocken waren.

Beaumé, welcher bey einigen dieser Versuche dem Abte Nollet behülflich war, bemerkte ferner, daß eben die Substanzen, welche durch die Flamme eines brennenden Körpers leicht Feuer fingen, sich nicht entzünden wollten, wenn sie von einem noch so sehr erhitzten Körper, der aber keine Flamme von sich gab, berührt wurden. Weder Aether, noch Weingeist konnten mit einer glühenden Kohle oder selbst mit roth glühendem Eisen angezündet werden, wenn diese nicht eine weiße Gluth zeigten. Aus diesen Versuchen schließt Beaumé, daß, wofern die elektrische Materie mit dem Feuer oder Lichte einerley seyn soll, sie noch ein anderes Princip enthalten müsse, wodurch sie Weingeist entzünden könne.

Ferner entdeckte Melville durch Anwendung der katoptrischen Lehren, daß Körper, welche sich zu berühren scheinen, sich nicht immer wirklich berühren. Man pflege oft, sagt er, die große Beweglichkeit und den schönen Glanz der Regentropfen, die auf den Blättern des Kohls und einiger andern Pflanzen liegen, zu bewundern: aber kein Physiker habe sich, so viel er wisse, die Mühe gegeben, diese artige Erscheinung zu erklären. Wie er sie genauer ansah, fand er, daß der Glanz des Tropfens von dem häufigen Lichte herrühre, welchen die etwas flache Unterfläche zunächst

dem Blatte zurückſendet. Er bemerkte ferner, daß, wenn der Tropfen längſt einem Theile, der benetzt iſt, hinrollet, er ſogleich ſeinen Glanz verliert, ſo daß man das Grün des Blatts deutlich durch den Tropfen ſehen kann; da hingegen in dem andern Falle daſſelbe faſt gar nicht zu erkennen iſt.

Aus dieſen beyden Beobachtungen zuſammengenommen ſchloß er, daß der Tropfen die Pflanze wirklich nicht berühre, wenn er wie ein Queckſilberkügelchen ausſieht, ſondern daß er, in einiger Entfernung von dem Blatte, von einer gewiſſen zurückſtoßenden Kraft frey in der Luft erhalten wird. Denn das weiße Licht könnte von der Unterfläche keinesweges ſo häufig zurückgeſendet werden, wenn nicht zwiſchen derſelben und dem Blatte wirklich ein Zwiſchenraum vorhanden wäre.

Wenn die Fläche des Blatts vollkommen glatt wäre, ſo würde es die Unterfläche des Tropfens auch ſeyn, und folglich ein Bild des erleuchtenden Körpers durch die Zurückſtrahlung, wie ein Stück polirtes Silber zeigen; weil jene aber merklich rauh und ungleich iſt, ſo wird es dieſe auch, und ſieht daher, da es das Licht nach allen Richtungen häufig zurückſendet, ſo glänzend weiß, wie unpolirtes Silber, aus.

Da es alſo auf ſolche Art aus katoptriſchen Lehren bewieſen iſt, daß der Tropfen die Pflanze, worauf er liegt, nicht berührt, ſo iſt es nun leicht zu begreifen, warum er auf dem Blatte ſo beweglich iſt.

Eine andere merkwürdige Erſcheinung beobachtete der Baron Alexander Funk [h]) bey dem Verſuch

h) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſchaft. B. III. der deutſch. Ueberſ. S. 129.

such einiger Silbergruben in Schweden, da es nämlich an einem heitern Tage unten im Schachte in einer Tiefe von 60 bis 70 Klaftern stockfinster war, hingegen an einem trüben oder regnichten Tage war es in einer Tiefe von 106 Fuß noch so helle, daß er lesen konnte. Die Bergleute, welche er über diesen Umstand befragte, berichteten ihm, daß sich dieß beständig so verhielte. Diese Erscheinung erklärt er daher, daß bey einem bewölkten Himmel nach allen Richtungen Licht in den Schacht von den Wolken gesandt wird, und darunter auch vieles nach senkrechter Richtung; da hingegen bey heiterm Himmel keine dunkeln Körper vorhanden sind, welche das Licht auf die letztere Art, wenigstens in hinlänglicher Menge, zurücksenden könnten.

Untersuchungen und Bemerkungen, welche das Sehen betreffen.

Das bewundernswürdige Werkzeug des Sehens, das Auge, ist besonders von Petit [i]) mit vorzüglichem Fleiße zergliedert worden. Daß die Aderhaut im menschlichen Auge schwarz sey, war längst bekannt; allein die Veränderungen der Farbe, die sie erleidet, hatte man vor Petit nicht wahrgenommen. Dieser fand, daß sie an Kindern, auf der Seite der Netzhaut, vollkommen braun erscheint, aber mit den Jahren heller wird.

Alle Anatomiker nach Galen, Vesalius ausgenommen, hatten geglaubt, daß die Traubenhaut bey dem Menschen erhaben wäre; allein Petit [k]) folgerte aus vielen sehr sorgfältig angestellten Untersuchungen, daß sie völlig flach sey.

Auch

i) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. 1726.
k) Ibid. 1728.

Auch über die kryſtallene Feuchtigkeit, ſowohl bey Menſchen als bey Thieren, hat Petit l) eine Menge ſchätzbarer Unterſuchungen gemacht. Bey Schlangen und Fiſchen fand er ſie faſt kugelrund; linſenförmig aber bey allen andern Thieren, die er unterſucht hatte. Die Vorderfläche war nie ſo erhaben, als die Hinterfläche.

Bey allen Thieren wird, wie Petit bemerkte, die kryſtallene Feuchtigkeit mit den Jahren feſter. In neugebornen Kindern iſt ſie wie eine kalte Gallerte. Im funfzehnten oder zwanzigſten Jahre iſt ſie von einem gleichförmig dichten Gewebe, nimmt in der Folge zwar an Feſtigkeit zu, wird aber doch in der Mitte höher als nach dem Umfange hin. Beym Menſchen iſt ſie nicht ſo dicht, wie bey den Vögeln, vierfüßigen Thieren und Fiſchen, welche der Ordnung nach eine feſtere kryſtallene Feuchtigkeit beſitzen. In den Fiſchen iſt der innere Theil faſt ſo hart wie Horn; dagegen iſt aber der äußere Theil weicher, als in jedem andern Thiere, und nur eine ſchleimige Subſtanz.

Die Urſache, warum die kryſtallene Feuchtigkeit in der Mitte am dichteſten iſt, hat D. Porterfield m) auf folgende Art angegeben. Die Lichtſtrahlen, ſagt er, welche zunächſt dem Rande derſelben auffallen, werden wegen der größern Schiefe ſtärker gebrochen, als diejenigen, welche um die Mitte näher bey der Axe eintreffen. Darum wird der Vereinigungspunkt der letztern entfernter ſeyn, als der erſtern, ſo daß ſie unmöglich alle auf einem Punkte der Netzhaut, wie es zum deutlichen Sehen erfordert wird, zuſammen kommen können. Die daraus entſtehende Undeutlichkeit

l) Hiſtoire de l'Acad. roy. de Paris. 1730.

m) On the eye. Vol. I. p. 439.

keit zu vermeiden, ist die Linse in der Mitte dichter und fester angeordnet, damit die nahe bey der Axe auffallenden Strahlen, wegen der stärkern Brechung in diesem Kerne, nach einem nähern Punkte hinter der Linse hin gebrochen werden, und sich mit den andern Strahlen, welche um den Rand herum auffallen, vereinigen mögen. Die Fische haben in ihrer krystallenen Feuchtigkeit einen weit dichtern Kern, als die Landthiere, weil sie bey ihnen fast kugelrund ist, und die Vereinigungspunkte der nahe bey der Axe und am Rande auffallenden Strahlen weit mehr von einander abweichen würden, als bey den Landthieren, die eine linsenförmige krystallene Feuchtigkeit haben.

Daß bey zunehmendem Alter die Krystalllinse im Menschen flacher wird, war schon sonst bekannt; aber Petit n) beobachtete, daß sie alsdenn auch ihre Farbe ändere. Von der Geburt bis in's 25ste Jahr fand er sie vollkommen durchsichtig; nach dieser Zeit bekommt sie in der Mitte eine gelblichte Farbe, die immer dunkler wird, und sich je länger, je mehr nach dem Umfange verbreitet. Er bekam die beyden Linsen von einer 81 Jahr alt gewordenen Person zu sehen, die dem schönsten Agatsteine glichen. Auch bemerkte er, daß die gelbe Farbe der krystallenen Linse mit ihrer Härte zunimmt.

Leeuwenhoek o) fand auch, wie schon vorher entdeckt war, an einer trocken gewordenen Krystalllinse eine Menge über einander liegender dünner concentrischer Blättchen oder Schuppen, deren er von der Mitte

n) Mémoir. de Paris. an. 1730.

o) Arcana naturae detecta. Lugd. Batav. 1722. p. 66. sqq.

Mitte bis zum Umfange auf 2000 in einer einzigen Linſe rechnet.

An Ochſen, Schafen, Schweinen, Hunden und Katzen vollendet der Faden, aus welchen jede dieſer Schuppen beſteht, drey Umläufe, jeden mit einem Mittelpunkte; an Wallfiſchen fünf; an Haſen und Kaninchen nur zwey. Auf der ganzen Oberfläche der Kryſtalllinſe eines Ochſenauges zählt er mehr als 12000 Fäſerchen.

Petit [p]) beſtätigte noch mehr die Zuſammenſetzung der Linſe aus concentriſchen Blättchen, beſonders durch die Zertrennung derſelben in ſauren Flüſſigkeiten.

Die Kapſel der Linſe fand Petit [q]) immer durchſichtig, ſelbſt an ſolchen Perſonen, welche den Staar gehabt hatten. Auch wird ſie in keinen Salzauflöſungen undurchſichtig, wie die Linſe. Er glaubte entdeckt zu haben, daß die Linſe mit ihrer Kapſel keine Verbindung hätte, ſondern in der darin enthaltenen Feuchtigkeit ſchwämme. Allein dieß hat Albinus [r]) durch genauere Unterſuchungen widerlegt. Dieſer nahm wahr, daß die Linſe allerdings mit ihrer Kapſel durch einige Gefäße verbunden iſt, die durch kleine Oeffnungen der Kapſel gehen, und in den Rand der Linſe eintreten, von da ſie ſich über den Hintertheil derſelben verbreiten. Dabey bemerkt er noch, daß die Centralpulsader, welche durch die glasartige Feuchtigkeit geht, ſich an der Hinterfläche der Kapſel in viele

p) Hiſtoire de l'Acad. de Paris. an. 1730.

q) Ibid.

r) *Muſſchenbroek* introd. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 754.

viele Zweige theilt, und einige derselben in die innern Theile der Linse sendet. Durch diese Gefäße wird sie sowohl befestigt als ernährt. Auch hat von Haller s) gegen Petit die Kapsel bey einem Staare an Menschen und Thieren mehrmals undurchsichtig gefunden.

Uebrigens giebt Petit t) folgende Abmessungen des menschlichen Auges an: Des Augapfels Durchmesser (fig. 66.) rs ist 10 bis $11\frac{1}{2}$ Linien lang, am gewöhnlichsten $10\frac{1}{2}$ bis $10\frac{3}{4}$ Linien. Die Hornhaut hoi ist ein Kugelstück, wovon der Durchmesser fo gewöhnlich $7\frac{1}{2}$ Linien, zuweilen 7, auch wohl 8 Linien beträgt, der Durchmesser hi der Grundfläche dieses Kugelstücks, der zugleich den Durchmesser der Traubenhaut oder des Regenbogens abgiebt, ist $4\frac{2}{3}$, 5, bis $5\frac{1}{2}$ Linien, die Höhe eben dieses Kugelsegments $\frac{3}{4}$, 1 bis $1\frac{1}{4}$ Linien. Also ist die Axe des Auges um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Linie länger, als der Durchmesser rs. Eben dieses Kugelstück macht die vordere Kammer für die wässerige Feuchtigkeit aus. Die Dicke der hintern Kammer vom Umfange des Sterns bis an die Linse in a, fällt zwischen $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{2}$ Linie, und ist am gewöhnlichsten $\frac{1}{4}$ Linie, gegen b und d zu wird die Dicke der Krystalllinse noch einmal so groß. Insgemein beträgt der Abstand ao der Hornhaut von der Krystalllinse nicht über $1\frac{1}{6}$ Linie.

Der Krystalllinse Umfang hat $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Linien im Durchmesser bd, am gewöhnlichsten 4 Linien, ihre Dicke ag beträgt $1\frac{3}{4}$ bis $2\frac{1}{2}$, gewöhnlich 2 Linien. Ihre Vor-

s) Physiologia. Tom. V. p. 404.

t) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1725.

Vorderfläche bad ist nicht so viel erhaben, als die hintere bgd. Der Vorderfläche Durchmesser 2ca beträgt nach Petit 1 Zoll bis $1\frac{1}{2}$ Zoll. An einem andern Orte (Histoire de l'Acad. de Paris. an. 1730.) giebt er diesen Durchmesser zu 6, $6\frac{1}{2}$ bis 9 Linien an, zuweilen 12 Linien. Dem Durchmesser 2eg der hintern Fläche giebt er 5, $5\frac{1}{2}$ bis 6 Linien Länge. Nach einem Mittel aus 26 zergliederten Augen genommen, findet sich der Durchmesser der Krümmung der Vorderfläche des Krystalls $7\frac{2}{20}$ Linien, der Durchmesser der Krümmung ihrer hintern Fläche $5\frac{2}{3}$ Linien, ihre Dicke $ag = 2\frac{1}{12}$ Linien.

Eine umständliche Beschreibung des Auges und des Durchganges der Lichtstrahlen durch die Augenfeuchtigkeiten findet man bey Musschenbroek u).

Der berühmte Streit über den eigentlichen Sitz des Sehens, dessen Urheber Mariotte war, wurde in diesem Zeitraume beygelegt. Le Cat x) trat Mariotte's Meynung bey, weil sie seinen Grundsatz bestärkte, daß die dünne Hirnhaut (pia mater), davon die Aderhaut eine Fortsetzung ist, und nicht die Nerven selbst, das eigentliche Werkzeug des Sehens sey.

Mariotte's Versuch (Th. III. S. 143.) verfolgte le Cat noch etwas weiter. Anstatt des zweyten Papiers nahm er ein großes weißes Bret, und fand, daß in einer gewissen Entfernung ein kreisrunder Raum darauf sich verlohr. Er beobachtete auch die Lage und Größe des unter diesen Umständen verschwindenden Papiers, und die Entfernungen, wor-

in

u) Traité des sens. p. 176. sqq.

x) Histoire de l'Acad. des scienc. de Paris. 1739.

in er verschwand, und setzte dadurch verschiedenes, die Einrichtung des Auges in diesem Stücke betreffend, in mehreres Licht. So fand er, daß der Eintritt des Nerven in seinem Auge der Augenaxe um $\frac{1}{5}$ näher war, als in Mariotte's Auge. Daher berechnet er auch die Größe der unempfindlichen Stelle im Auge, und findet sie nicht größer, als einen Nadelknopf, nämlich $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ einer Linie.

Einen andern Grund für seinen Satz nahm le Cat von der Veränderung der Farbe der Aderhaut bey alten Leuten her, welche nicht so deutlich wie junge Leute sehen. Er verglich die Netzhaut mit dem Oberhäutchen, welches die pyramidenförmigen Wärzchen, die unmittelbaren Werkzeuge des Gefühls, bedeckt; oder mit der porösen Membran, welche die drüsigten Wärzchen der Zunge überzieht. Die Netzhaut, behauptet er, empfängt den Eindruck des Lichts, mäßigt ihn, und bereitet ihn zu für das Werkzeug, welches er eigentlich rühren soll, hat aber selbst keine Empfindungen davon.

Le Cat hatte nämlich entdeckt, daß die dünne Hirnhaut, nachdem sie den Sehenerven bey seinem Eintritte in's Auge dicht umschlungen und zusammengepreßt hat, sich in zwey Lamellen theilt, deren eine sich an die Hornhaut inwendig genau anlegt, und sich zuletzt mit ihr vereinigt, und die andere die Aderhaut ausmacht. Auch zeigte er, daß die harte Haut des Auges eine Ausbreitung der harten Hirnhaut ist, und übersandte an die Pariser Akademie im Jahre 1739 zergliederte Augen, um diese und einige andere seiner Sätze zu beweisen, welche den Meynungen des berühmten Winslow entgegen waren.

Einen

Einen ſehr genauen Verſuch zur Beſtimmung der Größe und Lage des unempfindlichen Flecks im Auge machte Daniel Bernoulli y). Er legte eine ſilberne Münze auf den Boden eines Zimmers, nahm ein Pendel, davon er das eine Ende an das rechte Auge hielt, und das andere faſt den Boden berühren ließ. Bey verſchloſſenem linken Auge ſahe er mit dem rechten längſt dem Pendel herunter, und beobachtete, indem er ſich von dem Geldſtücke linker Hand entfernte, mehrere Stellen auf dem Boden, wo ihm das Stück unſichtbar, und andere, wo es wieder ſichtbar ward. Dieß gab eine faſt elliptiſche Figur von der Beſchaffenheit, daß, wenn die Seheaxe innerhalb derſelben fiel, die Münze aus dem Geſichte ſich verlor. Aus den Abmeſſungen derſelben, und den andern hiebey vorkommenden Größen, folgerte Bernoulli, daß der unempfindliche Fleck im Auge ein Kreis ſey, deſſen Durchmeſſer der ſiebente Theil des Durchmeſſers des Augapfels iſt, und deſſen Mittelpunkt, von dem der Oeffnung des Auges entgegengeſetzten Punkte, um $\frac{7}{25}$ dieſes Durchmeſſers entfernt, und ein wenig über der Mitte des Auges erhaben liegt.

Da dieſe Stelle mit dem Eintritte des Sehenerven zuſammentrifft, ſo, folgert er, durfte dieſer nicht mitten auf dem Boden des Auges, der Pupille gerade gegen über, eintreten, weil uns ſonſt alle Gegenſtände durchlöchert erſcheinen würden. Jetzt verlieren wir nur die zur Seite unter einem gewiſſen Winkel, gelegenen Gegenſtände aus dem Geſichte, aber nur mit einem Auge, nie mit beyden zugleich. Ferner, ſagt er, mußte der Sehenerve ſenkrecht eintreten, damit er durch ſeinen Eintritt ſo wenig Raum, als möglich,

y) Commentat. Petrop. vet. T. I. p. 314.

lich, unnütz machte. Gingen die Sehenerven von ihrem Ursprunge gerade nach dem Auge zu, so wäre eines dieser beyden erforderlichen Stücke nothwendig verabsäumt, die jetzt, da sich die Nerven vor dem Eintritte kreuzen, beyde erhalten werden.

Die gewöhnlichste Art, diesen Versuch zu machen, ist diese: Man befestigt an der Wand eines Zimmers drey Stücke Papier etwa zwey Fuß von einander, stellt sich gerade vor das mittlere, und geht allmählig zurück, das eine Auge geschlossen, und das andere seitwärts nach dem einen Papiere gerichtet, das dem geschlossenen Auge gegen über ist. Alsdenn wird man eine Stelle treffen, die mehrentheils fünfmahl so weit von der Wand entfernt ist, als die Papiere von einander sind, wo das mittlere Papier ganz verschwindet, und die beyden äußern völlig sichtbar bleiben.

Michell [2]) führt noch einige Gründe an, welche beweisen sollen, daß der eigentliche Sitz des Sehens die Aderhaut sey. Damit das Sehen deutlich werde, sagt er, müssen die Strahlenkegel, welche von jedem Punkte des Gegenstandes herkommen, entweder völlig oder fast genau wieder in übereinstimmenden Punkten im Auge sich endigen. Dieses kann nur auf einer gleichförmig ausgedehnten Oberfläche geschehen, wofür man die Netzhaut gar nicht gelten lassen kann, weil sie eine beträchtliche Dicke hat, durchgehends aus einem gleichförmigen Nervengewebe besteht, und, wo nicht vollkommen, doch im hohen Grade durchsichtig ist. Wo man auch in ihr den Vereinigungspunkt der Strahlen hinbringt, so werden sich die Strahlen von ihr

2) Priestley Geschichte der Optik durch Klügel. S. 149. f.

ihr diesseits oder jenseits ausbreiten. Das Sehen wird mit einem Worte undeutlich seyn.

Ist der Sitz des Sehens auf der innern Seite der Netzhaut, und werden die Bilder der Gegenstände von den Strahlen sogleich, wie sie auffallen, hervorgebracht, so müßte wohl eine große Undeutlichkeit durch das zurückgeworfene Licht von der Aderhaut in denjenigen Thieren entstehen, in welchen diese Haut weiß oder farbig ist. Auf der andern Seite kann aber durch zurückgeworfenes Licht von der Aderhaut das Sehen auch nicht bewirkt werden, weil bey manchen Thieren diese Haut völlig schwarz ist, und gar kein Licht zurücksendet. Und diese Thiere sehen noch schärfer als andere. Das Sehen, es gehe damit zu, wie es wolle, wird aber doch bey allen Thieren auf dieselbe Art eingerichtet zu seyn angenommen werden müssen.

Wäre der Sitz des Sehens auf der äußern Seite der Netzhaut zu suchen, so würde eine weiße Aderhaut nichts helfen, wenn die Sehestrahlen gerade auffallende seyn sollten; und eine schwarze wäre untauglich, wenn es zurückgeworfene seyn sollten.

Noch ein Grund für die Aderhaut ist der, daß sie unter allen Membranen in dem ganzen thierischen System, die weiße Haut unter den Schuppen der Fische vielleicht ausgenommen, den Eindruck der Lichtstrahlen am reinsten empfängt; die Netzhaut hingegen empfindet die Wirkung des Lichts entweder gar nicht, oder nur schwach. Denn das Licht leidet beym Uebergange aus einem Mittel in das zunächst daran liegende keine Brechung oder Zurückwerfung, und verliert nichts durch eine Verschluckung der Strahlen, wenn nicht

die

die beyden Mittel eine verschiedentlich brechende Kraft haben. Und dieß ist vermuthlich hier, zwischen der Netzhaut und der glasartigen Feuchtigkeit, der Fall nicht. Aeußert aber ein Mittel auf das durchgehende Licht keine Wirkung, so erhält es wahrscheinlich auch keinen Eindruck von dem Lichte, weil beyder Wirkungen ohne Zweifel entgegengesetzt sind.

Dazu kommt, daß die Netzhaut so liegt, daß sie noch manchen andern Strahlen, außer denen, die sich auf ihr vereinigen sollen, ausgesetzt ist. Wozu diese, wenn das Sehen auf der Netzhaut geschieht? Das ist aber nicht der Fall mit der Aderhaut, die nie durchsichtig ist, und keine zurückwerfende Haut hinter sich hat.

Ist die Aderhaut das Werkzeug des Sehens, so können wir gar schön den Grund von der Verschiedenheit ihrer Farbe bey verschiedenen Thieren, nachdem sie ihr Gesicht zu brauchen haben, angeben. In allen Landthieren, welche bey Nacht ihr Gesicht nöthig haben, ist die Aderhaut entweder ganz helle weiß, oder sonst lebhaft gefärbt, so daß das Licht dadurch stark zurückgeworfen wird. Deßwegen brauchen sie zum Sehen weniger Licht; können aber unmöglich deutlich sehen, weil die Zurückwerfung der Strahlen ihre Wirkung doppelt macht. Denn sie muß einen gewissen Raum einnehmen, da die Zurückstrahlung in einer gewissen Entfernung von dem zurückwerfenden Körper geschieht. Dazu kommt, daß die Aderhaut an Thieren überhaupt nicht vollkommen weiß, sondern bläulich ist, und also geschickter zum Sehen bey dem blaßfarbigen Lichte des Nachts seyn mag.

An den Vögeln hingegen, besonders an Adlern, Falken und andern Raubvögeln, ist die Aderhaut meistens

stentheils schwarz, daß sie also, aber nur bey hellem Tageslichte, mit der größten Deutlichkeit zu sehen im Stande sind. Die Eule hingegen, welche ihren Raub bey Nacht suchen muß, besitzt eine weiße Aderhaut, wie eine Katze. Endlich hat der Mensch, welcher seine Augen unter mancherley Umständen braucht, weder eine so schwarze Aderhaut, wie die Vögel, noch eine so weiße, wie die Thiere, welche im Dunkeln müssen sehen können.

In Ansehung der de la Hireschen Meynung bemerkt Michell, daß der Eindruck des Lichts wohl schwerlich empfindbar genug seyn möchte, wenn die Nerven, das Hauptwerkzeug des Sehens, ihn nicht unmittelbar, sondern aus der zweyten Hand bekommen. Viel natürlicher sey es ja, die Aderhaut, wenn sie den Haupteindruck erhalten hat, denselben durch ihre eigenen Nerven, deren dazu genug vorhanden sind, nach dem Gehirne fortpflanzen zu lassen.

Zur Bestätigung einer der angeführten Bemerkungen des Herrn Michell, von dem Gebrauche der Aderhaut zum Sehen, dient der von Fabricius ab Aquapendente erzählte Fall einer Person, welche bey Nacht recht gut, bey Tage gar nicht sehen konnte. So soll es sich auch mit den kreidefarbigen Menschen unter den Schwarzen in Afrika und unter den Einwohnern der Länder von Darien verhalten, die deßwegen Mondaugen genannt werden.

Die gemeine Meynung, daß nämlich der Sitz des Sehens die Netzhaut sey, schienen die anatomischen Beschreibungen zu bestätigen, welche einige Mitglieder der französischen Akademie von verschiedenen Thieren, besonders vom Seekalbe und dem Stachelschweine, herausgaben; als in welchen beyden der Sehenerve in

der

der Axe des Auges eintritt. Man hielt es also für ausgemacht, daß in diesen Thieren die Netzhaut auf dem Eintritte des Nerven vollkommen empfindlich seyn müsse [a]). Allein der Herr von Haller zweifelt an der Richtigkeit dieser Wahrnehmung.

Einen für die Netzhaut nicht unwichtigen Grund führt Zinn [b]) an. Dieser Anatomiker bemerkt, daß Mariotte's Hypothese hauptsächlich darauf beruhe, daß die Aderhaut eine Fortpflanzung der dünneren Haut des Sehenervens seyn soll. Ist die Aderhaut dieß nicht, so falle jene Hypothese von selbst weg. Er beweißt aber, daß die Aderhaut nicht von der dünnen Hirnhaut herkomme; er sagt nämlich: die Aderhaut hange mit der Hirnhaut, wo sie ins Auge tritt, vermittelst eines cellulösen Gewebes zusammen. Denn bey dem durchschnittenen Nerven zeige sich ein weißer Halbkreis, der beyde von einander sichtbar absondere. Durch die Maceration lasse sich die Aderhaut ohne alle Verletzung ablösen, woraus die cellulöse Verbindungsart erhelle, und bewiesen werde, daß die Aderhaut eine eigene für sich abgesonderte Haut und kein Zweig der dünnen Hirnhaut sey.

D. Porterfield [c]) bemerkt, daß das Sehen auf dem Orte des Eintritts des Nerven vielleicht deßwegen nicht statt finde, weil er daselbst nicht so weich und zart ist, wie er es ist, wenn er sich über die Aderhaut ausbreitet; und daß er in den Thieren, bey welchen er in der Mittellinie des Auges eintritt, eben so zart,

a) *Porterfield* on the eye. Vol. II. p. 252.

b) Descriptio anatom. oculi humani. Gotting. 1755. 4. p. 37.

c) On the eye. Vol. II. p. 254.

zart, und alſo vermuthlich eben ſo empfindlich, wie an andern Stellen, gefunden werde.

Der Herr von Haller [d]) bemerkt, daß die Aderhaut nicht das allgemeine Werkzeug des Sehens ſeyn könne, weil ſie bey Menſchen und Vögeln, beſonders aber bey Fiſchen, inwendig mit einem ſchwarzen Schleime bedeckt iſt, wodurch die Strahlen nicht dringen können. Der ganze Verſuch von Mariotte, ſagt Haller, beweißt nichts. Denn an der unempfindlichen Stelle iſt eigentlich keine Netzhaut vorhanden, ſondern eine weiße, cellulöſe und poröſe Haut, die zum Sehen untauglich ſeyn kann, ohne daß es die Netzhaut auch iſt. Wenn auch die Strahlen durch den ſchwarzen Schleim auf der Aderhaut dringen ſollten, ſo würden ſie doch auf die dunkelbraune, zottige, und lederartige Oberfläche der Ruyſchiſchen Lamelle der Aderhaut treffen, und darunter eine unzählige Menge kleiner Gefäße, aber keine oder wenig Nerven finden, ſo daß nirgends ein vollſtändiges zuſammenhangendes Bild entworfen werden kann.

Ueberhaupt ſcheint es auch der Analogie der andern Sinneswerkzeuge angemeſſener zu ſeyn, den eigentlichen Sitz der Empfindungen in die Nerven zu ſetzen, welche die Netzhaut, die doch dem unmittelbaren Eindrucke des Lichts ausgeſetzt iſt, in unendlicher Menge enthält. Es ſcheint daher ausgemacht zu ſeyn, den eigentlichen Sitz des Sehens auf der Netzhaut anzunehmen.

Einige artige Beobachtungen, welche das Sehen betreffen, machte der Herr von Buffon an den ſogenannten zufälligen Farben. Er unterſcheidet näm-

d) Phyſiologia. Vol. V. p. 474.

nämlich diejenigen Farben, welche dem Lichte eigenthümlich sind, von denjenigen, welche auf die besondern Umständen des Auges ankommen, und deren Zusammenhang mit den natürlichen er zu entwickeln sich bemüht.

Als er eine lange Zeit ein rothes Viereck c) auf einem weißen Grunde starr angesehen hatte, entstand um dasselbe ein blaßgrüner Rand, und wie er die Augen von dem rothen Vierecke weg auf den weißen Grund wändte, zeigte sich darauf ein sanft grünes, etwas ins blaue fallende Viereck. Auf eben die Art brachte Gelb auf weißem Grunde ein blasses Blau; Grün auf weißem Grunde ein blasses Purpur; Blau auf Weiß ein blasses Roth; Schwarz auf Weiß ein helleres Weiß als der Grund selbst, worauf das Schwarze lag; und Weiß auf Schwarz ein dunkleres Schwarz hervor. Diese Versuche wurden mit matten Farben angestellt, mit glänzenden Farben nahmen sie sich aber weit besser aus.

Als er seine Augen lange Zeit auf ein lebhaftes rothes Viereck auf weißem Grunde gerichtet hielt, sahe er erstlich den vorher erwähnten blaßgrünen Rand um dasselbe; und als er es anzusehen fortfuhr, verfärbte sich das Viereck in der Mitte, ward aber an den Seiten noch tiefer Roth. Er zog sich ein wenig zurück, beständig mit unverwandtem Blick auf das Viereck, und nun theilte sich der tief gefärbte rothe Rand des Vierecks an jeder Seite in zwey Theile, daß dadurch über dasselbe ein eben so tiefrothes Kreuz gezogen zu werden schien. Er fuhr noch immer fort darauf

c) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1743.

darauf zu sehen, und das Ganze verwandelte sich in ein Rechteck, von gleicher Höhe mit dem Viereck, aber nur den sechsten Theil so breit, und so lebhaft roth, daß es die Augen verblendete.

Als er seine Augen von da weg auf eine andere Stelle des weißen Grundes wandte, sahe er daselbst das Bild dieses Rechtecks genau abgezeichnet, und lebhaft grün gefärbt. Dieser Eindruck dauerte lange Zeit, nahm nur allmählig ab, und blieb noch im Auge zurück, wenn es geschlossen war. Dergleichen Erscheinungen nahm er auch wahr, wenn er auf dieselbe Art auf ein gelbes, schwarzes oder sonst gefärbtes Viereck sahe; der letzte Eindruck von einem gelben Vierecke war ein blaues Rechteck, und von einem schwarzen Vierecke ein weißes Rechteck. Diese Versuche ließ er von einigen Freunden nachmachen, und sie sahen alle mit ihm dieselben Erscheinungen.

Er fand auch, daß die zufälligen Farben sich änderten, so wie sie sich mit den natürlichen vermischten, und zwar nach denselben Regeln, welche die letztern beobachten. Denn wenn eine zufällige grüne Farbe, welche von einer natürlichen rothen hervorgebracht war, auf einen hellen rothen Grund fiel, so verwandelte sich das grüne in gelb; desgleichen wenn ein zufälliges blau, welches von einem lebhaften gelb entstanden war, auf einen gelben Grund fiel, ward es grün.

Uebrigens bemerkt Buffon noch, daß schon D. Jurin einige hieher gehörige Beobachtungen aufgezeichnet habe.

Aepinus f) hat ebenfalls einige genaue Beobachtungen über die zufälligen Farben angestellt, woraus er

f) Observationes quaedam ad opticam pertinentes in Comment. Petrop. nov. T. X. p. 282.

er folgende Sätze zieht. Der lebhafte Eindruck, welchen das Auge durch das Anschauen der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers erhält, so lebhaft als es ihn nur vertragen kann, stellt zuerst ein gelbes, alsdann ein grünes, und darauf ein blaues Bild dar; d. i. die Nerven kommen, nachdem die weißen Strahlen darauf zu wirken aufgehört haben, in eben den Zustand, in welchen die Strahlen, welche die Empfindung der gelben, grünen, blauen Farbe erregen, sie versetzen würden. Als er einen weißen Gegenstand betrachtete, während der von der Sonne in seinem Auge gemachte Eindruck noch fortdauerte, schien er ihm bräunlich zu werden, und mehr oder weniger ins Rothe zu fallen. Ueberdem bemerkte er auch, daß dieses Bild der Sonne sich auf der Netzhaut etwas erweiterte, weil ein Raum jenseits der Grenze des Bildes auf eben die Art gerührt ward, als es durch die Wirkung der rothen Strahlen geschehen seyn würde; wenn er aber das Bild der Sonne auf einen weißen Gegenstand fallen ließ, ward die Einfassung blau.

Während dieser Beobachtung nahm er wahr, daß ein weißer Gegenstand, den er aufmerksam betrachtete, während der Eindruck des Sonnenbildes in seinem Auge noch fortdauerte, plötzlich verschwand, aber wieder sichtbar ward, als er ihn nicht mehr so starr ansahe; eine Erscheinung, die von dem Zustande, in welchen die Nerven versetzt waren, herrühren mußte, die er aber nicht völlig erklären zu können eingesteht.

Diese Beobachtungen sind sehr übereinstimmend mit dem, was de la Hire [g]) anführt, daß das Bild

g) Sur les diff. accidens de la vue. Mém. de Paris 1694.

Bild der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers, den man eine Zeitlang beobachtet hat, wenn man die Augen verſchließt, zuerſt roth, dann gelb, grün und zuletzt blau werde. Man ſieht hieraus, daß der Eindruck des Lichts, wenn ihn der Gegenſtand ſelbſt nicht mehr unterhält, allmählig ſchwächer wird, und erkennt zugleich die Ordnung, in welcher die Farben in Abſicht auf die Stärke ihrer Wirkung im Auge abnehmen.

Prieſtley [h]) führt an, Hey habe ihm erzählt, daß eine Patientinn, welche von einem vollkommen ſchwarzen Staare geheilt war, das Feuer, wie ſie es zum erſtenmale erblickte, blau geſehen habe; er habe aber keine Gelegenheit gehabt, ſich zu erkundigen, ob dieß Ereigniß etwas gewöhnliches wäre oder nicht. Darin ſtimme es aber mit de la Hire's und Anderer Wahrnehmungen überein, daß der letzte und ſchwächſte Eindruck von den Bildern ſehr heller Sachen auf das Auge die Empfindung des Blauen verurſacht.

Die Eindrücke des Lichts auf das Auge ſind, wie ſich jeder ſehr leicht überzeugen kann, von einer gewiſſen Zeitdauer. D'Arcy [i]) hielt es der Mühe werth, genauer zu beſtimmen, wie lange der Eindruck unter verſchiedenen Umſtänden dauert. Zu dieſer Abſicht erdachte er ſich eine Maſchine, welche aus einem Kreuz beſtand, das ſich vermittelſt eines Rades und eines Gewichts um ſeine Axe drehte, mit einer Geſchwindigkeit, die er nach Belieben verändern, und aufs genaues ſie meſſen konnte. Die Bewegung dieſer Maſchine zu beobachten, ſtellte er Jemanden 28 Toiſen weit davon in ein Zimmer, in welches kein Licht, als von einer

h) Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 452.
i) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1765.

ner auf dem Kreuze befestigten glühenden Kohle kommen konnte, und der Versuch ward bey Nacht angestellt, mit aller Vorsicht, die sich nur erdenken ließ. Er fand, daß die Kohle einen ununterbrochenen Kreis zu beschreiben schien, wenn sie ihren Umlauf in 40 oder 41 Sekunden vollendete, und daß bey einer geringern Geschwindigkeit der Kreis nicht voll ward. Es war gleichgültig, in welcher Entfernung von dem Mittelpunkte des Kreuzes die Kohle befestigt war, ob die Maschine durch ein Teleskop, oder auf eine andere Art betrachtet wurde. Auch war es einerley, in welcher Weite sich der Beobachter von ihr stellte. Aus diesem Versuche folgert d'Arcy, daß der Eindruck des Lichts auf das Auge etwa 36 Sekunden daure.

Uebrigens giebt d'Arcy noch folgendes an, welches durch Versuche weiter auszumachen wäre: 1. ob die verschiedene Stärke des Lichts nicht einen merklichen Unterschied in der Dauer des Eindrucks verursachen würde; 2. ob die verschiedenen Entfernungen des Beobachters hiebey etwas thun mögen. Denn es hatte zwar bey der Beobachtung des ganzen Kreises derjenige, den er 28 Toisen weit entfernt hatte, und er selbst in einer Entfernung von 3 Fuß keinen Unterschied in der nöthigen Geschwindigkeit bemerkt; allein, wenn er bloß auf einen Theil des Kreises acht gab, so fand er für sich eine geri[illegible]re Geschwindigkeit nöthig, als für jenen erfordert ward; 3. ob die verschiedene Farbe des Lichts einen Einfluß auf die Dauer des Eindrucks hätte. Das schlechte Wetter hinderte ihn, seine Versuche fortzusetzen. Aus den wenigen Proben, die er machen konnte, erhellte so viel, daß weiße Körper eine kreisförmige Erscheinung bey derselben Winkelgeschwin-

digkeit, wie eine glühende Kohle, hervorbrachten. Auch ſchlägt er vor, den Verſuch durch mehrere Perſonen anſtellen zu laſſen, wiewohl dieß nicht ohne Schwierigkeit ſeyn werde, und wünſcht, daß andere ſeine Beobachtungen wiederholen, und einer weitern Prüfung unterwerfen möchten.

Die Bemerkung, daß ſich der Augenſtern bey einfallendem ſtarken Lichte zuſammenziehe, iſt ſchon früh gemacht worden. Hartley k) ſchreibt dem in das Auge fallenden Licht ein Vermögen zu, ſowohl den größern als kleinern Ring der Regenbogenhaut zuſammen zu ziehen, und beruft ſich deßwegen auf die Unbeweglichkeit des Sterns bey dem ſchwarzen Staare; führt auch an, daß ſolchergeſtalt das Licht, wenn es den kleinern Ring zuſammenzieht, ſich ſelbſt Maas und Schranken ſetzt, um nicht zu ſtark für das Auge zu werden, welches mit dem Verfahren der Natur in ähnlichen Fällen übereinſtimmt. Die Netzhaut, ſagt er, erſtreckt ſich bisweilen bis zu dem größern Ringe, und einige Nervenäſte mögen wohl bis dahin, und ſelbſt bis in die Regenbogenhaut fortlaufen.

Auch Whytt l) iſt der Meynung, daß die Zuſammenziehung des Sterns nicht aus einer Wirkung des Lichts auf die Regenbogenhaut ſelbſt, ſondern auf die Netzhaut entſteht, weil man finde, daß alles, was die Lichtſtrahlen verhindert, auf die Netzhaut zu kommen, auch eine ungewöhnliche Erweiterung des Sterns verurſache. So verliere bey dem grauen Staare, wenn die kryſtallene Linſe nicht undurchſichtig geworden und einen großen Theil der Strahlen auffängt, der Stern ſehr viel von ſeinem Vermögen ſich zuſammen zu

k) Obſervations of Man. Vol. I. p. 219.
l) Eſſay on vital and involuntary motions. p. 112.

zu ziehen. Auch sieht er die in Ohnmachten, bey einem Schlage und einem verhärteten schwarzen Staare bemerkte größere Oeffnung des Sterns als einen Beweis an, daß zu der stärksten Erweiterung desselben der Einfluß der Seele nicht erfordert wird, sondern daß hiezu das Zusammenziehungsvermögen der der Länge nach hinlaufenden Fibern auf der Traubenhaut hinlänglich ist, ohne daß die kreisförmigen Muskeln durch die Wirkung des Lichts auf die Netzhaut gereizt werden.

Da man aber nicht beweisen kann, daß die Fasern und Ringe der Regenbogenhaut aus Muskeln bestehen, sondern die besten Anatomiker sie nur für Gefäße halten, so hat Weitbrecht [m]) eine andere Ursache der Erweiterung und Verengerung der Pupille, um mehr oder weniger Licht ins Auge zu lassen, aufgesucht, und giebt als solche die Bewegung der Regenbogenhaut vorwärts oder rückwärts an, als wodurch die Oeffnung kleiner wird, wenn diese Haut nahe an der Krystallinse hängt, so wie sie durch deren Ausspannung nach der Hornhaut hin sich erweitert. Dieß erfordert eine bloß mechanische Ausdehnung des Ringes, ohne daß die Kraft gewisser Muskeln dabey nöthig ist, und die Bewegung der Regenbogenhaut kann, wie Weitbrecht meint, von einer Bewegung der wässerichten Feuchtigkeit entstehen, wenn sie aus einer der beyden Kammern in die andere tritt. Dazu möge sie etwa von einer Wirkung des Lichts auf die glasartige Feuchtigkeit, oder auf die Gefäße, welche diese enthalten, veranlaßt werden, so daß diese erstlich die Krystallinse, und vermittelst derselben die wässerige Feuchtigkeit vorwärts drucken. Die physikalische

m) Comment. Petrop. Vol. XIII. p. 349.

ſche Urſache dieſer Vorgänge, geſteht er ſelbſt, wiſſe er nicht hinlänglich zu erklären.

Der Herr von Haller n) erklärt die Erweiterung und Verengerung der Pupille bey dem ſtärker und ſchwächer einfallenden Licht auf dieſe Art. Er ſagt, der Reiz des Lichts auf der Netzhaut erregt einen plötzlichen Zuſammenfluß der Feuchtigkeiten in die Gefäße und Fäſerchen der Regenbogenhaut; dadurch wird dieſe einwärts getrieben, indem ſich die geſchlängelten Falten der Gefäße und die zellenförmigen Streifen ausdehnen und gerader machen; die Regenbogenhaut wird breiter und die Oeffnung enger. Auf ſolche Art läßt ſich zugleich auch die Bewegung der Iris an den Katzen und andern Thieren, in deren Augen die Oeffnung eine länglichte Spalte iſt, erklären. Der natürliche Zuſtand der Regenbogenhaut und der Oeffnung des Auges würde alſo ſeyn, daß jene ſchmal, dieſe weit wäre, und würde nicht ohne eine gewiſſe Gewalt durch reizende Kräfte geändert werden. Es ſcheint hier etwas ähnliches, wie bey den Entzündungen vorzugehen, da eine Entzündung die Arterien und das zellenförmige Gewebe anſchwellt, und gleichfalls von einem Reize entſteht, ſo wie das Licht einen Reiz verurſacht, weil es, wenn es zu ſtark wird, das ganze Werkzeug des Sehens zerſtören kann. Iſt das Licht etwas zu ſtark, ſo iſt die Veränderung des Zuſtandes der Regenbogenhaut mit einem ſchmerzhaften Gefühle verbunden, dergleichen man empfindet, wenn man in die Sonne ſieht. Zur Erläuterung führt Haller eine von ihm gemachte merkwürdige Wahrnehmung an. An einer erſäuften jungen Katze war 23 Stunden nach ihrem Tode die Oeffnung des Auges ſehr groß, und man ſahe durch ſie

n) Phyſiologia. Vol. V. p. 367 ſqq.

sie die fast undurchsichtige Linse. Er wollte nach Petit's Art diese Undurchsichtigkeit durch die gelinde Wärme eines Ofens vertreiben, als er schon nach einer Minute fand, daß die Oeffnung des Auges fest geschlossen war, so wie sie es bey diesem Thiere zu seyn pflegt; dagegen die Regenbogenhaut sehr groß, und der sägenschneidige Bogen der gelben Streifen auf ihr aufs schönste zu sehen war. Also hatte noch lange nach dem Tode der Reiz der Wärme die Kräfte, welche die Iris erweitern, in Bewegung gesetzt.

Die einförmigen Fibern, fährt er fort, welche die Meisten an dem innern Ringe der Regenbogenhaut und der Traubenhaut haben finden wollen, habe er mit seinen kurzsichtigen aber guten Augen, und mit starken Vergrößerungsgläsern vergebens gesucht; auch die geraden Fibern, welche nach manchen zur Erweiterung des Sterns dienen sollen, trage er Bedenken anzunehmen. Nach seinen eigenen sorgfältig angestellten Versuchen sey die Regenbogenhaut an einem lebenden Thiere ohne alle Reizbarkeit, und werde selbst von den Lichtstrahlen, die vermittelst eines papiernen Kegels bloß auf diese Haut geleitet werden, nicht bewegt, da doch die Reizbarkeit einem Muskel wesentlich zukomme. Auch führt er ein Beyspiel an, da die Regenbogenhaut ohne alle Schmerzen zerschnitten ist.

Uebrigens erinnert Haller, daß diese von ihm angeführte Meynung gewisser Maaßen schon Mery und Schrebbeare vorgetragen haben.

Daß die Zusammenziehung der Pupille nicht von dem auf die Regenbogenhaut fallenden Lichte, sondern von demjenigen entsteht, das durch die Oeffnung auf die Netzhaut kommt, beweißt Lambert *) durch einen

*) Photometria. p. 371.

nen Verſuch. Er ließ nämlich durch ein Linſenglas das Bild einer Lichtflamme bloß auf die Regenbogenhaut eines ſeiner Augen fallen, und betrachtete dieſes ſowohl als das andere in einem Spiegel; beyder Oeffnungen waren ohne alle merkliche Verſchiedenheit gleich groß. Sobald aber noch ſo wenig von dem Lichte des Bildes auf die Oeffnung ſelbſt fiel, ward die Oeffnung den Augenblick kleiner, und mehr als dreymahl ſo klein als des andern Auges Oeffnung, wenn das ganze Bild der Flamme darauf fiel.

Ueber die Fähigkeit des Auges, Gegenſtände auch in ungleichen Entfernungen deutlich zu ſehen, hat le Roi die von allen längſt verworfene Meynung des de la Hire (Th. III. S. 151.) wieder zu vertheidigen geſucht. Die Kryſtallinſe, ſagt er, könne ſich vermittelſt der ligamenta ciliaria nicht verrücken, weil dieſe viel zu ſchwach dazu ſeyen. Auch ſeyen ſie nicht, wie man gewöhnlich angenommen habe, an die Kapſel der Linſe befeſtigt, ſondern lägen noch ein gutes Theil über der Vorderfläche hin, ohne ſich dicht daran zu ſchließen. Auch ſeyen dieſe Fibern nicht muskulös, ſondern beſtünden nur aus Ramificationen von Gefäßen, welche allem Anſcheine nach zu nichts anderm dienen, als eine wäſſerichte Feuchtigkeit abzuſondern, und die Oberfläche der Kryſtallinſe ſchlüpfrich zu erhalten. Daß ferner nichts als eine Verminderung der Oeffnung des Auges erfordert werde, ſehr nahe Gegenſtände deutlich zu ſehen, erhelle aus der Erfahrung. Denn um einen Gegenſtand deutlich zu erkennen, brauche man nur eine künſtliche Augenöffnung, ein Loch in einem Kartenblatte, zu nehmen, ſo könne man eine ſolche Sache vollkommen bequem und deutlich erkennen. Wenn in einem künſtlichen Auge das Bild des Gegen-

genstandes undeutlich sey, so dürfe man nur die Oeffnung verkleinern, um es deutlich und gut begrenzt zu erhalten [p]).

Allein le Rot fiel nicht darauf, daß bey einer kleinen Augenöffnung die Grundflächen der von jedem Punkte des Gegenstandes herkommenden Lichtkegel kleiner werden, daß mithin der Zerstreuungskreis, oder der Raum, in welchem sie sich ausbreiten, auf der Netzhaut kleiner werde. Es dient also überhaupt die Verkleinerung der Augenöffnung wider die Undeutlichkeit, der Gegenstand mag entweder zu nahe, oder zu entfernt vom Auge liegen. Bey der Betrachtung sehr entfernter Gegenstände aber wird der Augenstern nicht zusammengezogen, sondern vielmehr erweitert, weil sonst keine hinreichende Menge Licht wegen der nöthigen Helligkeit in's Auge kommt. Sind die Objekte nahe und helle genug, so mag wohl die Verengerung der Pupille zur Deutlichkeit dienen; allein die Undeutlichkeit sehr entfernter Gegenstände zu heben, dazu müssen noch andere Hülfsmittel angewendet werden.

Porterfield [q]) zeigte dagegen durch eine Reihe von Versuchen, daß unser Auge wirklich das Vermögen besitze, sich zu verändern, und sich zum deutlichen Sehen in verschiedenen Entfernungen geschickt zu machen; wie auch, daß sich diese Veränderung nach einer gewissen Bewegung der Augenaxen richtet, mit der sie durch Uebung und Gewohnheit verknüpft ist. Zur nähern Untersuchung dieses Gegenstandes setzt er folgende Grundsätze fest:

1. Wenn

p) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1755.
q) On the eye. Vol. I. p. 408 sqq.

1. Wenn ein Gegenstand, welchen man mit beyden Augen sieht, doppelt erscheint, weil seine Entfernung kleiner ist, als diejenige des Punkts, worauf die Augenaxen gerichtet sind, so wird, wenn eins von den Augen geschlossen wird, die Erscheinung auf der Seite des andern Auges verschwinden; erscheint er aber doppelt deßwegen, weil seine Entfernung größer ist, als diejenige des Punkts, auf welchen die Augenaxen gerichtet sind, so wird, wenn eins von den Augen geschlossen wird, die Erscheinung auf derselben Seite mit diesem Auge verschwinden.

2. Wenn ein Gegenstand mit einem Auge gesehen doppelt erscheint, weil er durch zwey kleine Löcher, in einem Kartenblatte oder sonst in einem dünnen undurchsichtigen Körper, betrachtet wird, und es ist eine Entfernung größer, als diejenige, auf welche das Auge eingerichtet ist, so wird, wenn eines von den Löchern bedeckt wird, die Erscheinung auf derselben Seite verschwinden; ist aber die Entfernung kleiner als diejenige, worauf das Auge eingerichtet ist, so wird, wenn eins der Löcher bedeckt wird, die Erscheinung auf der andern Seite verschwinden.

Den Beweis des ersten dieser beyden Sätze kann man leicht finden, wenn man bedenkt, daß das Bild einer Sache auf der geraden Linie von derselben nach dem Auge, welches es betrachtet, liegt, und daß diese Linien sich durchkreuzen, wenn das Auge nach einer Stelle jenseits der Sache, welche doppelt erscheint, gerichtet ist. Der andere Satz wird aus der Anführung der von D. Motte zu Danzig angestellten Versuche erhellen.

Das Vermögen des Auges, sich selbst zum deutlichen Sehen der Gegenstände in verschiedenen Entfernungen

nungen einzurichten, ohne die Zusammenziehung des Sterns zu Hülfe zu nehmen, erwies Porterfield auf folgende Art: er nahm eine kleine zinnerne Platte (fig. 67.) ik, in welche er zwey parallele enge Einschnitte machte, deren Entfernung nicht größer, als die Weite des Augensterns war. Diese Einschnitte ließen mehr Licht durch, als durch kleine Löcher gegangen wäre, und waren daher zu seiner Absicht geschickter als diese, weil es nöthig war, daß der Gegenstand Helligkeit genug hatte. Diese Platte hielt er nahe vor seinem rechten Auge b, die Einschnitte in senkrechter Lage, und sahe durch sie, bey verschlossenem linken Auge h, nach einem kleinen Gegenstande o, der ebenfalls senkrecht stand, und also parallel mit den Einschnitten war. Bey diesem Versuche war der Gegenstand o in einer solchen Entfernung von dem Auge b, daß er durch die Einschnitte betrachtet einfach erschien; allein wie beyde Augen offen, und nach einem entferntern Punkte p gerichtet waren, zeigten sich drey Erscheinungen a, d und c, die näher, oder weiter von einander waren, nachdem der Punkt p näher bey o oder weiter davon entfernt war; und von diesen verschwand die zu dem Auge h gehörige Erscheinung auf der andern Seite von demselben, wenn dieses Auge geschlossen ward. Schloß er das rechte Auge b, so verschwanden die Erscheinungen linker Hand d und c, die zu dem rechten Auge gehörten; welches ihm vermöge des ersten Satzes bewies, daß die Entfernung des Gegenstandes o kleiner als diejenige des Punkts war, nach welchem die Augen gerichtet waren. Nun mußte er auch untersuchen, ob die doppelte Erscheinung d und c, die er durch die Einschnitte sah, auch von einem Gegenstande herkäme, der näher bey dem Auge wäre, als der Punkt, nach dessen Entfer-

fernung das Auge eingerichtet war; er fand dieß auch richtig, weil die Erſcheinung immer auf der entgegengeſetzten Seite desjenigen Einſchnittes verſchwand, welchen er bedeckte, wie es nach dem zweyten Satze erfolgen muß.

Hierauf veränderte er die Richtung ſeiner Augen ſo, daß ſie nunmehr nach einem nähern Punkte x, als der Gegenſtand o, gekehrt waren, und ſahe unter dieſen Umſtänden den Gegenſtand dreyfach, bey g, e und f. Dieſe drey Bilder rückten zuſammen, oder entfernten ſich von einander, ſo wie der Punkt x näher an o oder weiter davon ruckte, lagen aber in einer Ordnung, die der im vorigen Falle entgegengeſetzt war. Denn die Erſcheinung f, welche das linke Auge f beobachtete, lag an der linken Seite, und die beyden g und e, welche er durch die Einſchnitte ſah, lagen auf der rechten Seite; zum Beweiſe, daß die Entfernung des Gegenſtandes o größer war, als diejenige, worauf das Auge ſich eingerichtet hatte. Er bedeckte einen der Einſchnitte mit ſeinem Finger, und fand, daß die auf derſelben Seite mit dem Einſchnitte liegende Erſcheinung allemahl verſchwand, woraus nach dem zweyten Satze folgte, daß der Gegenſtand o in einer größern Entfernung ſich befand, als diejenige war, worauf ſich das Auge eingerichtet hatte.

Bey dieſem, ſo wie bey allen übrigen Verſuchen, war es nothwendig, daß der Gegenſtand ſo helle als möglich war. Den beſten Dienſt that eine enge Spalte in einer undurchſichtigen Laterne, in welche ein brennend Licht geſetzt war.

Aus dieſen Verſuchen ergab ſich die Richtigkeit desjenigen, was er darthun wollte. Denn wenn die

Augen

Augen nach p gerichtet waren, so schien der Gegenstand o durch die Einschnitte doppelt; und die Bedeckung eines derselben gab zu erkennen, daß das Auge auf eine zu große Entfernung eingerichtet war. So wie p näher nach o rückte, näherten sich die Erscheinungen einander immer mehr und mehr, bis sie zuletzt, da p sehr nahe an o kam, bey o zusammenfielen, zum Beweise, daß das Auge auf diese Entfernung eingerichtet war. Wurde aber p auf der andern Seite von o nach ox hin bewegt, so schien o durch die Einschnitte wieder doppelt, und weil die Ordnung dieser Erscheinungen derjenigen entgegengesetzt war, die sie hatten, wie p jenseits o lag, so folgte, daß das Auge auf eine zu kurze Entfernung eingerichtet war. Dabey entfernten sich diese Erscheinungen immer mehr und mehr von einander, je weiter p von o nach x hin sich bewegte. Aus allen diesen ist klar, daß diese Bewegungen, wodurch die Einrichtung des Auges geändert wird, eine nothwendige Verbindung mit gewissen übereinstimmenden Bewegungen der Augenaxen haben; daß es uns daher unmöglich wird, unsere Augen auf einen innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens befindlichen Gegenstand zu richten, ohne ihnen zugleich die Einrichtung zu ertheilen, welche zum deutlichen Sehen in dieser Entfernung erfordert wird.

Hieben ist aber zu bemerken, daß aus andern ähnlichen Versuchen sich ergab, das Auge irre sich oft in Ansehung der Entfernung der Gegenstände, wenn sie durch die Einschnitte gesehen werden. Wenn sie gleich innerhalb den Grenzen des deutlichen Sehens sich befanden, so schienen sie doch oft doppelt. Hätte sich die Seele in Absicht der Entfernung nicht geirrt, so würde das Auge sich nach der Entfernung eingerichtet

haben, und die Sache einfach erſchienen ſeyn. Darum, ſagt Porterfield, ſieht man einen innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens befindlichen Gegenſtand immer nur einfach mit beyden Augen, weil dieſe ſich nach der Entfernung einrichten, die man vermittelſt des Winkels der Sehearen mißt.

Auch bemerkte Porterfield noch, daß, wenn er den Gegenſtand bloß mit einem Auge durch die Einſchnitte ſah, und dieſer nicht weit über die nächſte Grenze des deutlichen Sehens hinauslag, er ihn entfernter ſchätzte, als er wirklich war, wenn er ſich in dem Maaße der Entfernung irrte. War aber der Gegenſtand nicht viel näher, als die entfernteſte Grenze des deutlichen Sehens, und er betrog ſich alsdenn in der Schätzung der Entfernung, ſo hielt er ihn für näher, als er wirklich war.

Auch führt er noch an, daß nach dem, was dieſe Verſuche ergeben, ein Werkzeug ſich ausarbeiten ließe, womit die Grenzen des deutlichen Sehens, und die Stärke oder Schwäche des Geſichtsvermögens ſehr genau beſtimmt werden könnten, und das daher ein Optometer genannt werden möchte.

Durch dieſe Verſuche ſcheint alſo erwieſen zu ſeyn, daß das Auge ein Vermögen beſitzt, ſich auf verſchiedene Entfernungen einzurichten. Wie aber dieſes bewerkſtelligt werde, darüber ſind diejenigen uneinig, welche dem Auge dieſe Fähigkeit zuſchreiben, ohne eine Veränderung der Oeffnung anzunehmen.

Einige haben behauptet, die Kryſtalllinſe werde durch die Wirkung gewiſſer muskulöſer Fibern, woraus ſie unter andern mit beſtehe, flacher oder erhabener. Allein dagegen bemerkt Porterfield, daß die

die Krystallinse zwar aus vielen dünnen concentrischen Blättchen oder Schuppen zusammengesetzt sey, aber die Einrichtung derselben möge nicht sehr geschickt seyn, eine veränderte Figur der Linse hervorzubringen, und wenn dieß ja statt finden sollte, so sey es noch nicht bewiesen, daß diese Fibern muskulös und einer Zusammenziehung fähig wären.

Nach seiner Meynung erhält die Krystallinse vermittelst des ligamentum ciliare eine Bewegung, und wird der Netzhaut näher geruckt, oder von ihr entfernt. Dieses Ligament, sagt er, ist ein Werkzeug, dessen Bau und Anlage es sehr geschickt machen, die Linse zu verschieben, und sie von der Netzhaut zu entfernen, wenn die Gegenstände uns zu nahe liegen. Denn, indem es sich zusammenzieht, schiebt es nicht allein die Linse selbst vorwärts, sondern druckt auch die das hinter liegende glasartige Feuchtigkeit zusammen, so daß diese wiederum gegen die Linse drängt, und sie von der Netzhaut abwärts treibt. Auch bemerkt er, daß die Fibern, woraus dieß Ligament besteht, nicht nach der geraden Linie ausgespannt sind, sondern eine krumme Linie bilden, weßwegen sie, wenn sie sich zusammenziehen, sich den geraden Linien mehr nähern müssen, so daß die Höhlung vermindert, die glasartige Feuchtigkeit zusammengedruckt, und folglich die Linse mehr vorwärts geschoben wird. Hiezu kömmt noch, daß die Linse, wenn sie vorwärts getrieben wird, die wässerichte Feuchtigkeit gegen die Hornhaut druckt, wodurch diese Haut, wegen ihrer Biegsamkeit, erhabener gemacht wird, und die Deutlichkeit naher Gegenstände befördert.

Zum Beweise, daß eine Veränderung in der Lage der Linse das Mittel ist, wodurch die Deutlichkeit des Sehens

in verſchiedenen Entfernungen erhalten wird, führt Porterfield die Erfahrungen an ſolchen Perſonen an, welchen der Staar geſtochen iſt. Dieſe können nicht mit ein und derſelben Staarbrille in verſchiedenen Entfernungen deutlich ſehen, ſondern müſſen ſich verſchiedentlich erhabener Gläſer nach Maasgabe der Entfernungen der Gegenſtände bedienen.

Gegen den Einwurf des de la Hire und anderer, unter welchen beſonders die berühmten Anatomiker von Haller und Zinn ſind, daß nämlich das ligamentum ciliare nicht muskulös ſey, und mithin kein Vermögen zum Zuſammenziehen beſitze, antwortet Porterfield, daß dieſe Männer ſich durch einen irrigen Begriff von der Farbe der Muſkeln, als wenn ſie nothwendig roth ſeyn müßte, hätten verleiten laſſen. Dieß ſey aber keinesweges nothwendig, indem die muſkulöſen Fibern der Eingeweide und des Magens ſchwerlich das geringſte Roth bey ihrer Farbe beygemiſcht hätten. Auch ſey es ausgemacht, daß die Regenbogenhaut ſich nach Maasgabe der Helligkeit der Gegenſtände erweitere und verengere, ohne daß die Fibern, vermittelſt welcher dieß geſchehe, im geringſten roth wären.

Auch hat man die Behauptung, daß das deutliche Sehen in verſchiedenen Entfernungen durch eine Verrückung der Kryſtallinſe erfolgen ſollte, dadurch widerlegen wollen, daß dieſe Verruckung zu der zu erhaltenden Abſicht doch noch unzulänglich bleibe. Dagegen erinnert aber Porterfield, daß alle ſolche Rechnungen ſich auf die Ausmeſſungen der verſchiedenen Theile des Auges, ihrer Entfernungen von einander, und der brechenden Kräfte der Feuchtigkeiten grün-

gründen, wovon keine mit gehöriger Genauigkeit bestimmt werden könne, daher also dieser Einwurf nicht von Wichtigkeit sey. Gesetzt aber auch, die Linse könne sich von der Netzhaut nicht so weit entfernen, um in der möglichst kleinsten Entfernung noch deutlich zu sehen, so werde doch das Fehlende durch die größere Rundung der Hornhaut ersetzt werden. Denn durch das Vorrucken der Linse werde nicht allein ihre Entfernung von der Netzhaut größer, sondern die Hornhaut werde auch erhabener; ein Umstand, worauf man bey Vorbringung dieses Einwurfs nicht gedacht habe.

Eine andere Hypothese, wie man entfernte Objekte noch deutlich sehen könne, hat D. Jurin r) entworfen. Wenn das Auge auf größere Entfernungen als 15 bis 16 Zoll eingerichtet werden soll, so behauptet er, daß das ligamentum ciliare sich zusammenziehe, und den Theil der Vorderfläche der Kapsel, in welchen ihre Fibern hineingehen, ein wenig vorwärts und auswärts bringe. Dadurch fließe das unter der Kapsel enthaltene Wasser unten von der Mitte nach dem erhabenen Theile hin, und die wässerichte Feuchtigkeit oben von dem erhabenen Theile der Kapsel nach der Mitte hin; also werde die ganze Vorderfläche, innerhalb der Stelle, wo das Ligament hineingeht, weniger erhaben. Sobald diese Zusammenziehung nachlasse, werde die Kapsel vermöge ihrer Elasticität sich wieder in ihren vorigen Stand versetzen. Die Kapsel, ein sehr dünnes Häutchen, zwischen deren innern Fläche und der Linse Wasser enthalten ist, könne der Wirkung des Ligaments, so schwach auch dessen Muskeln sind, willig gehorchen.

Wie

r) Essay on distinct and indistinct vision. p. 143. sq.

Wie man Objekte in einer kleinern Entfernung als 15 Zoll deutlich ſehen könne, erklärt Jurin durch die Wirkung eines Muſkelringes des Traubenhäutchens, welcher die Hornhaut erhabener machen ſoll. Sobald dieſer Muſkelring aufhöre zu wirken, ſetze ſich die Hornhaut durch ihre natürliche Elaſticität wieder in die Krümmung für 15 Zoll. Der Raum, um welchen ſich Hornhaut der Oeffnung des Auges zu nähern brauche, ſey nur $\frac{1}{800}$ Zoll, wenn man bis auf 5 Zoll deutlich ſehen will. Dagegen bemerkt aber von Haller *), daß man einen ſolchen Muſkelring nicht ohne Beweis annehmen dürfe, und daß die Hornhaut eine viel zu große Härte beſitze, als daß ſie ſich biegen laſſen ſollte.

Nach von Haller's Meynung iſt die Veränderung der Oeffnung des Auges zum deutlichen Sehen auf verſchiedene Entfernungen hinreichend. Denn, ſagt er, man habe ſich nur deßwegen ſo viele Mühe gegeben, ſo mancherley Hypotheſen zu erdenken, weil man geglaubt habe, der Menſch könne in ſehr verſchiedenen Entfernungen deutlich ſehen. Aber man pflege ſich dem Gegenſtande zu nähern, und ſich davon zu entfernen, um den wahren Geſichtspunkt zu ſuchen, wenn man deutlich ſehen wolle; man würde ſich aber der Veränderung des Auges bedienen, wenn dieſe in unſerer Gewalt wäre. Ferner ſey es gewiß, daß man durch ein Kartenblatt, in welches zwey Löcher gebort ſind, einen Gegenſtand in der zum deutlichen Sehen gehörigen Entfernung einfach, in jeder andern doppelt ſehe; woraus deutlich erhelle, daß das Auge eine gewiſſe beſtimmte Einrichtung beſitze, um auf eine gewiſſe Entfernung deutlich zu ſehen, welche Einrichtung

*) Phyſiologia. Tom. V. p. 507. ſqq.

tung sich nicht ändern lasse, um auch auf eine andere Entfernung Deutlichkeit zu erhalten. Wenn man ein mit kleiner Schrift gedrucktes Buch lese, so werde man finden, daß die Entfernung, in der man sie deutlich erkennen könne, nur geringer Veränderungen bedarf. Er selbst könne sie nicht um einen Zoll verändern, ohne der Deutlichkeit Schaden zu thun. Es seyen auch keine Kräfte vorhanden, welche die Gestalt der Linse ändern könnten, und man wisse mit Gewißheit von keiner andern Bewegung im Auge, als der Veränderung der Pupille. Auch in der dunkeln Kammer helfe die Verengerung der Oeffnung zur Deutlichkeit naher Objekte.

Um von dieser Streitfrage gehörig urtheilen zu können, muß man nothwendig von dem Wege der Strahlen durch das Auge deutliche Vorstellungen haben. Stellt man sich vor, das Auge habe wirklich kein Vermögen, sich nach den verschiedenen Entfernungen einzurichten, so kommt es vorzüglich darauf an, die Zerstreuung der Strahlen und die daher entstehende Undeutlichkeit gehörig zu bestimmen. Eine sehr sinnreiche und einfache Methode hiezu hat D. Jurin t) angegeben.

Es sey nämlich die Vorderfläche der Hornhaut in o (fig. 68.), die Strahlen, welche von a herkommen, sollen in d, die von b in c, die von einem unendlich weit entlegenen Punkte p in e vereinigt werden. Es sey $oa = 26\frac{1}{2}$ Zoll, $od = 9\frac{1}{3}$ Lin., die Tiefe des Auges bis an die Netzhaut d. Man denke sich in a die Spitze eines Strahlenkegels, dessen Grundfläche die Au-

t) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Kästner. S. 496. f.

Augenöffnung iſt; dieſen Kegel verlängere man nach p hin in's Unendliche fort, ſo werden alle in demſelben enthaltenen Strahlen in d zuſammenkommen. Iſt der Durchmeſſer der Augenöffnung 2 Linien, oder $\frac{2}{10}$ Zoll, ſo iſt der Winkel, welchen zwey Seitenlinien des Kegels in der Ebene durch ſeine Axe mit einander machen, etwa 26 Minuten. Wenn man alſo mit einem auf die Entfernung oa eingerichteten Auge zwey Sterne betrachtete, die um 26 Minuten von einander ſtänden, ſo würden die äußerſten Strahlen, welche von ihnen durch die Augenöffnung gehen, nachdem ſie ſich in a gekreuzt haben, in d zuſammenkommen, d. h. die Zerſtreuungskreiſe ihrer Strahlen auf der Netzhaut würden ſo groß ſeyn, daß ſie ſich auf der Axe berührten. Hieraus folgte zwar noch nicht, wie Jurin meint, daß die Sterne 26 Minuten groß ſcheinen müßten, weil das Licht nach dem Rande des Zerſtreuungskreiſes hin zu ſchwach ſeyn könnte, um empfunden zu werden. Immer bliebe aber die Undeutlichkeit ſehr groß, wenn man die wirklich empfundene Zerſtreuung als die Hälfte und noch geringer ſchätzen wollte, und eine Verengerung der Augenöffnung könnte hier nicht helfen, weil es ſonſt an Helligkeit mangeln möchte.

Die Tiefe des Auges od kleiner, als $9\frac{1}{3}$ Lin., und die Entfernung oa, welche vielleicht ſchon für die meiſten Augen zu groß iſt, größer als $26\frac{1}{2}$ Zoll anzunehmen, hindert am deutlichen Sehen in kleinern Entfernungen. Es ſey ob = 8 Zoll. Durch b gedenke man ſich einen Strahlenkegel, deſſen Grundfläche in o auf der Augenöffnung, und der auf der andern Seite bis a hin verlängert wird. In a ſey ein Gegenſtand von der Größe der Grundfläche des Kegels

in

in diesem Punkte. Jeder Punkt desselben malt sich auf der Netzhaut vollkommen deutlich ab in dem Punkte, wo ein Strahl von ihm die Netzhaut trifft, also in einem Strahle durch b, und daher ist des Punkts b Bild genau so groß, als das Bild des Kreises in a. Es verhalten sich aber die Durchmesser dieses Kreises und der Augenöffnung, wie ab zu ob, d. i. hier wie 37 : 16, also ist der Kreis in a, wenn der Durchmesser des Auges 2 Linien gesetzt wird, $4\frac{5}{8}$ Linien im Durchmesser. Oder es läßt sich auch auf diese Art die Undeutlichkeit eines Bildes in b begreiflich machen. Die Augenöffnung setze man 2 Linien, und in b den Mittelpunkt eines Kreises 1,4 Lin. im Durchmesser, so werden die äußersten Strahlen, die von dem Umfange desselben in's Auge kommen, durch a gehen, folglich in d zusammenkommen. Das ist, die Zerstreuungskreise zweyer diametral entgegengesetzter Punkte dieses in b befindlichen Kreises werden sich im Auge berühren, oder deutlich zu erkennende Sachen müssen in b bald $1\frac{1}{2}$ Lin. von einander entfernt seyn, wenn ihre Bilder nicht in einander fließen sollen. Eine solche Undeutlichkeit, die man beym Sehen doch nicht antrifft, zu heben, wird ohne eine Veränderung der Einrichtung des Auges nicht möglich seyn. Wenn man auch andere Abmessungen bey der Berechnung annimmt, so wird dieß nicht helfen; die Undeutlichkeit wird auf der einen Seite desto größer, wenn man sie auf der andern vermindert. Die Punkte e und c werden auch, einer fast so viel als der andere, nach o hin oder davon abrucken.

Also kommt es nur darauf an, die Art der Veränderung im Auge, und die Mittel, wodurch sie bewerkstelligt wird, ausfindig zu machen. Da unsere

größten Zergliederer, ein von Haller oder Zinn, die proceſſus ciliares für ganz unfähig dazu erklären, ſo darf man wohl mit Porterfield nicht darauf beſtehen.

Muſſchenbroek u) nimmt mit Albinus an, daß die Veränderung in der Einrichtung des Auges vermittelſt der corona ciliaris verurſacht werde, und zwar auf folgende Art. Wenn man einen ſehr nahen Gegenſtand betrachtet, wobey die Vereinigungspunkte der Strahlen über die Netzhaut hinausfallen, ſo werden die corona ciliaris und die vordere Haut der Kapſel ſchlaffer, ſo daß die glasartige Feuchtigkeit, welche von den ſie umgebenden Häuten des Auges gepreßt iſt, vorwärts getrieben wird, und die Linſe dadurch von der Netzhaut entfernt. Die Linſe treibt die wäſſerichte Feuchtigkeit vorwärts nach der Hornhaut hin, und macht dieſe runder. Vielleicht, ſagt er, mag auch die Kryſtallinſe runder gemacht werden, ſo daß drey Mittel da ſind, weßwegen ſich die Strahlen eher als ſonſt vereinigen müſſen. Iſt dagegen das Objekt ſo weit entlegen, daß die Strahlen ſich zu bald vereinigen, ehe ſie die Netzhaut erreichen, ſo wird die corona ciliaris und die Kapſel der Linſe angezogen; ſie drucken die Linſe gegen die glasartige Feuchtigkeit an, und nähern ſie der Netzhaut. Dabey wird die Linſe ſelbſt flacher, und bricht die Strahlen nicht ſo ſtark, ſo daß aus allen dieſen Urſachen die Strahlen erſt an einer entferntern Stelle ſich vereinigen. Die proceſſus ciliares, fährt er fort, wurden ſonſt für das Werkzeug gehalten, das die Linſe von der Netzhaut entfernte, oder ſie ihr näherte; weil dieſe aber nicht muskulös ſind, und auch nicht mit der Linſe zuſammenhängen, ſo hat man dieſe Meynung fahren laſſen.

Die

u) Introduct. ad philoſoph. natur. Vol. II. p. 759 ſqq.

Die zona ciliaris und die vordere Haut der Kapsel können die Krystalllinse nur um die Hälfte ihrer Dicke in die glasartige Feuchtigkeit hineintreiben, welches lange nicht so viel beträgt, als nöthig ist, kleine Gegenstände in so ungleichen Entfernungen, als 6 Zoll, und 14 Fuß 5 Zoll deutlich erscheinen zu machen. Deßwegen, sagt Musschenbroek, muß die Linse ihre Figur verändern können, wie dieß Pemberton wohl bewiesen habe, weil wir Gegenstände mittelst divergenter Strahlen zu sehen pflegen, aber auch durch Mikroskope mittelst paralleler, ja wohl convergirender Strahlen sehen können. Am wahrscheinlichsten werde die Figur der Linse durch die Wirkung der vordern Haut ihrer Kapsel geändert, nicht durch die processus ciliares, welche über den Rand der Linse frey und loß hängen, und so schief liegen, daß sie auf die Krystalllinse nicht gerade zu wirken können.

Weil die harte Haut bey manchen Thieren so hart ist, daß sie sich gewiß nicht zusammendrucken läßt, die Augen aller Thiere aber sich in den Haupttheilen ähnlich seyn werden, so hält es daher Musschenbroek für wahrscheinlich, daß die Veranstaltungen, das Auge auf verschiedene Entfernungen einzurichten, bey allen dieselben seyn werden, und daß daher eine Veränderung der harten Haut dazu nicht gebraucht werde.

Die Erfahrung lehrt, daß sich das Auge durch Gewohnheit und Alter verändert, so daß davon eine Veränderung des deutlichen Sehens auf eine gewisse Entfernung abhängt. D. Jurin x) hat hierüber schöne Bemerkungen gemacht, welche angeführt zu werden verdienen. Die Muskeln des Auges werden, so wie

x) Essay on distinct and indistinct vision p. 146 sqq.

wie an andern Theilen des Körpers, durch Uebung ſtärker und geſchmeidiger, und durch Unthätigkeit ſchlaffer. Auch die Theile des Auges verlieren von ihrer elaſtiſchen Kraft, wenn ſie oft und lange geſpannt erhalten werden; ſie werden, wenn ſie ſelten geſpannt werden, ſteif.

Hieraus, ſagt er, laſſen ſich die Veränderungen des Auges begreifen, die durch Uebung und Gewohnheit entſtehen. Leute, welche ſehr oft entlegene Gegenſtände zu betrachten haben, als Reiſende, Seeleute, Jäger ſehen beſſer in die Ferne, als andere. Dagegen ſehen Leute, welche ſich viel mit ſehr nahen Dingen beſchäftigen, als Gelehrte (meiſtentheils), Uhrmacher, Kupferſtecher, Miniaturmahler in kleinen Entfernungen beſſer, in großen Entfernungen ſchlechter, als andere.

Bey Kindern iſt gewöhnlich die Oeffnung des Auges weiter, als bey Erwachſenen. Zur Urſache giebt er an, daß bey Kindern die Hornhaut ſehr biegſam iſt, ſo daß ſie durch den Muskelring der Traubenhaut die zur Deutlichkeit beym Leſen nöthige Krümmung leicht annimmt, weßwegen ſie die Oeffnung des Auges, der Deutlichkeit wegen, nicht ſo ſehr zu verengern brauchen. Bey erwachſenen Perſonen iſt die Hornhaut ſteifer, und deßwegen ſind ſie genöthigt, die Oeffnung des Auges mehr zu vermindern. Alte Leute haben eine noch ſteifere Hornhaut, und können deßwegen nicht ohne Brille leſen, wenn nicht der Druck groß und die Erleuchtung ſtark iſt, wodurch die Oeffnung ſich beträchtlich zuſammenziehen muß. Darum müſſen ſie das Licht zwiſchen dem Auge und dem Papier halten; ein gewiſſes Zeichen, daß ſie bald Brillen brauchen.

Kinder lesen viel näher als Erwachsene, weil sich ihre biegsame Hornhaut leicht auf eine kleinere Entfernung einrichtet, und die nähere Schrift größer aussieht und besser zu lesen ist, auch weil ihre Augen kleiner sind, und die kleinste Entfernung, worauf ein Auge deutlich sieht, sich wie seine Länge verhält.

Alte Leute sehen in die Ferne besser als junge. Dieß hält unser Verfasser für ziemlich ausgemacht, und wenn, sagt er, jemand daran zweifeln wollte, so ließe es sich so untersuchen. Man lasse einen, dem Alters wegen das Gesicht zu nahen Sachen abgeht, den drey- oder viertägigen Mond betrachten, und Acht geben, ob der erleuchtete Theil ihm von einem größern Durchmesser, als der dunkle, scheine, und wie viel das betrage: darauf muß er sich, wenn er kann, besinnen, wie ihm dieß in jüngern Jahren vorgekommen ist. Jurin glaubt, daß er den hellen Theil entweder gar nicht größer, oder doch lange nicht so viel größer als sonst finden werde. Wenigstens war das bey ihm der Fall. Er erinnerte sich sehr wohl, daß er ehemals den hellen Theil für viel größer als den dunkeln gehalten, dagegen zu der Zeit, wie er dieses schrieb, die Ränder dieser beyden Theile ihm fast in denselben Kreis sich zu verringern schienen.

Weil die Hornhaut aus einem lockerern Gewebe, als die harte Haut, besteht, und der Luft mehr ausgesetzt ist, so wird sie mit der Zeit mehr zusammenschrumpfen, und daher flacher werden, weßwegen auch alte Leute in der Nähe nicht so gut sehen wie junge. Weil nun hiezu noch die Steifigkeit der Hornhaut kommt, so wird dadurch die nächste Grenze des deutlichen Sehens, von 3 bis 4 Zoll, wie sie bey Kindern ist, und von 5 bis 6 Zoll, wie sie bey jungen erwachsenen Personen

ſonen iſt, auf 20, 30, 40 Zoll und noch weiter fortrucken. In dieſem Falle kann das Auge ſich nicht anders als durch die Zuſammenziehung des Sterns helfen, welches aber zum deutlichen Sehen nicht hinreichend iſt, es müßte denn die Erleuchtung ſehr ſtark ſeyn.

Weil die Säfte erwachſener Thiere überhaupt ſtärker und reicher an ſalzigen und ölichten Theilen werden, ſo wird auch vermuthlich die brechende Kraft der Feuchtigkeiten des Auges mit den Jahren größer. Denn alle brechende Subſtanzen brechen, bey ſonſt gleichen Umſtänden, das Licht ſtärker, als andere; und Petit bemerkt, daß der Kryſtall im Auge, welcher Anfangs ohne alle Farbe iſt, mit den Jahren immer gelber wird. Dieß mag eine allmählige Zunahme der brechenden Kraft, wie Jurin glaubt, mit ſich führen, und ein Gegenmittel für die allzuflach und ſteif werdende Hornhaut abgeben, da wir ſonſt zu bald weitſichtig werden, und eher Brillen gebrauchen möchten.

Daß man mit beyden Augen die Gegenſtände nur einfach ſieht, rührt nach Briggs y) Meynung von der gleich ſtarken Spannung der übereinſtimmenden Theile der Sehenerven her, weßwegen ſie gleichzeitige Schwingungen bekämen. D. Porterfield aber zeigt, daß dieß ſchon zum Theil für ſich unwahrſcheinlich ſey, und mit den Erfahrungen nicht zuſammenſtimme.

Porterfield ſelbſt glaubt, wir ſähen die Gegenſtände vermittelſt einer urſprünglichen Einrichtung unſerer Augen irgendwo in der geraden Linie, welche ſenkrecht auf die Netzhaut an der Stelle, wohin das Bild falle, gezogen werde. Weil daher ein einziger Gegenſtand beyder Augen auf derſelben Stelle zu ſeyn ſcheis

y) Nova viſionis theoria p. 28.

scheine, so könne die Seele nicht zwey daraus machen. Wenn aber das eine Auge verdreht werde, so irre sich die Seele in Absicht auf die Lage des Auges, und bilde sich ein, das Auge habe sich mit dem andern gleichförmig bewegt, als in welchem Falle ihr Unterschied von einem doppelten Gegenstande bey einem doppelten Bilde richtig seyn würde.

Allein diese Erklärung ist für sich betrachtet noch nicht ganz richtig, man muß vielmehr dabey noch voraussetzen, daß unsere Seele ein Vermögen besitze, von der Entfernung der Gegenstände zu urtheilen, damit sie den Ort der Sache gerade in den Durchschnitt der beyden Linien setzen könne, und nicht in verschiedene Punkte. Ueberhaupt scheint sich diese Frage hinreichend beantworten zu lassen, wenn man nur darauf Rücksicht nimmt, auf welche Art man das Sehen durch Erfahrung erlernt habe. Man kann annehmen, daß uns in der frühesten Jugend ein jeder Gegenstand doppelt vorgekommen ist; allein nach und nach empfanden wir durchs Gefühl, indem wir unsere Hände darnach ausstreckten, daß, wenn zwey übereinstimmende Theile der Netzhaut gerührt wurden, er nur einfach war. Auf solche Art erhielten wir eine Fertigkeit, von dem so gesehenen Gegenstande, beym ordentlichen Gebrauche der Augen, als von einem einzelnen zu urtheilen. Dadurch sind unsere Augen gleichsam so an einander gewöhnt worden, daß die respondirenden Stellen der Netzhäute, auf deren jedes ein Bild des betrachteten Gegenstandes fällt, gleichwohl denselben nur als einfach darstellen. Wenn dagegen die Bilder nicht auf solche übereinstimmende Stellen der Netzhäute fallen, so erscheint auch wirklich der Gegenstand doppelt. Dieß scheint durch eine Nachricht bestätigt zu werden,

wel-

welche Cheſelden von einem Manne erzählt, dem durch einen Schlag auf dem Kopfe das eine Auge verdreht ward, und der deßwegen alles doppelt ſah, bis daß allmählich die gewöhnlichen Gegenſtände wieder einfach, und zuletzt alle und jede ſo erſchienen, ohne daß das verkehrte Auge ſeine gehörige Lage wieder erhielt. Einen ähnlichen Fall erzählt D. Smith [z]).

Dagegen meint D. Reid [a]), daß die Uebereinſtimmung der Mittelpunkte beyder Augen, worauf das einfache Sehen beruhet, nicht von der Gewohnheit, ſondern von einer angebohrnen Einrichtung des Auges und der Seele herrühre. Er macht verſchiedene Einwendungen gegen den Fall des Herrn Foſter, den Smith und andere anführen. Auch fand er, daß drey junge Perſonen, denen er das Schielen zu benehmen geſucht hatte, die Gegenſtände einfach ſahen, ſobald ſie vermögend geworden waren, die Mittelpunkte beyder Augen auf denſelben Gegenſtand zu richten, ob ſie gleich von ihrer Kindheit an dieß nicht zu thun gewohnt geweſen waren. Dabey führt er noch an, daß es Fälle giebt, in welchen ein Gegenſtand, ſo ſehr man auch gewiß iſt, er ſey nur einfach, dennoch auf keine Weiſe anders einfach erſcheinen wird, als wenn man ihn durch ein vielſeitiges Glas betrachtet.

Uebrigens iſt aber der von zweyen Augen betrachtete Gegenſtand viel lebhafter, als wenn er bloß durch ein Auge geſehen wird. D. Jurin [b]) ſtellte deßwegen einige Verſuche an: Er legte einen Streifen reines weißes Papier gerade vor ſich auf den Tiſch, und hielt die

z) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 397.
a) Inquiry into the human mind. p. 257.
b) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 479 f.

die Seite eines Buchs hart an seinen rechten Schlaf, so daß das Buch merklich vor seinem Gesichte hervorragte, und seinem rechten Auge die zur Rechten liegende Hälfte des Papiers verdeckte, die linke Hälfte des Papiers aber von beyden Augen ohne Hinderniß gesehen werden konnte. Nun sahe er mit beyden Augen das Papier an, und bemerkte, daß es von oben herunter durch einen dunkeln Strich getheilt war, und daß die nur mit einem Auge gesehene Hälfte rechter Hand dieses Strichs merklich dunkler aussah, als die mit beyden Augen gesehene linke Hälfte. Darauf hielt er auch das Buch an den linken Schlaf, und versicherte sich aus dem Erfolge des Versuchs, daß seine beyden Augen von gleicher Güte waren.

Hierauf unternahm er es zu bestimmen, wie viel die Helligkeit des einen Theils größer, als die des andern wäre, und ließ zu dem Ende die Hälfte des Papiers, welche er mit beyden Augen betrachtete, von einem einzigen Lichte, diejenige Hälfte aber, die er mit einem einzigen Auge sah, von zwey Lichtern erleuchten, in der Erwartung, es würden ihm beyde Hälften gleich hell aussehen; er fand sich aber getäuscht, weil ihm die letztere Hälfte viel weißer und heller schien. Mithin zeigt sich eine Sache beyden Augen nicht noch ein mal so helle, als einem allein. Nach mehreren Versuchen, in welchen er das Verhältniß der Erleuchtung immer kleiner machte, fand er, daß ein Papier, welches von einem 3 Fuß entfernten Lichte erleuchtet war, und ein anderes Papier, welches sowohl von diesem Lichte in eben der Entfernung und noch dazu von einem 11 Fuß entfernten Lichte beschienen wurde, jenes mit beyden Augen zugleich, und dieses mit einem Auge allein betrachtet, gleich helle schienen;

daß folglich ein Gegenſtand mit beyden Augen zugleich geſehen um ein Dreyzehntheil heller ausſieht, als mit einem Auge allein. Allein er geſteht ſelbſt, daß es ſchwer iſt, dieſen Verſuch mit gehöriger Genauigkeit anzuſtellen.

Auch unterſucht er, ob ein Gegenſtand mit beyden Augen zugleich geſehen größer als mit einem allein ausſieht; er fand aber, daß er es nicht thut, es ſey denn unter beſondern Umſtänden, wie bey dem Gebrauche eines Binoculartelescops und eines Hohlſpiegels.

Du Tour c) glaubt mit Gaſſendi, daß die Seele jedesmal nicht mehr als das eine Bild in einem Auge beobachtet, und ſucht dieſe ſeine Meynung durch verſchiedene Verſuche zu beſtätigen. Unter andern leimte er auf einer Seite eines Stücks Pappe einen Kreis von blauem Taffent, einen Zoll groß, nnd auf der andern Seite gerade gegen über einen Kreis von gelbem Taffent und derſelben Größe. Die Pappe hielt er ſenkrecht vor ſeiner Naſe, ſo daß er mit dem rechten Auge bloß den blauen Kreis, und mit dem linken nur den gelben ſehen konnte. In dieſer Lage, beyde Augen offen, ſchien ihm das Stück Taffent nie grün, wie es hätte ausſehen müſſen, wenn ſich die beyden Farben mit einander vermiſcht hätten, ſondern entweder blau oder gelb, nachdem der Eindruck von dieſer oder jener Farbe in ſeinem Auge am lebhafteſten war. Bisweilen ſchien der Kreis halb blau, halb gelb, vermuthlich weil ein Theil des Kreiſes gegen das eine ſeiner Augen bequemer lag, als gegen das andere. Hieraus folgerte er, daß die Seele nicht zugleich von den beyden übereinſtimmenden Punkten zweyer Bilder eine Empfindung hat.

Weil

c) Mémoir, préſentées. Vol. III. IV. V.

Weil dieser Versuch eine etwas unangenehme Stellung der Augen erfordert, so erzählt er noch folgenden merkwürdigern. Er nahm zwey Glasscheiben, einen Zoll im Durchmesser, wovon eine blau, die andere gelb war, und durch welche zusammen die Gegenstände grün aussahen. Diese Gläser befestigte er jedes in einer pappenen, inwendig angeschwärzten, drey oder vier Zoll langen Röhre, und hielt eine derselben vor sein rechtes, die andere vor sein linkes Auge, worauf er durch sie nach einem weißen, 4 bis 5 Fuß entlegenen Papiere sah. Dieses schien immer entweder blau oder gelb, nie grün. Auch führt er an, daß, wenn man ein Prisma senkrecht bloß vor dem einen Auge hält, und mit beyden Augen nach einer Sache hinsieht, die Farben des gebrochenen Lichts, welche auf das eine Auge fallen, sich mit dem ungebrochenen Lichte, welches das andere Auge erhält, nie vermischen, sondern daß die Gegenstände so aussehen, wie sie mit einem Auge allein betrachtet aussehen würden. Bisweilen sehe man zwar den Gegenstand vermittelst gebrochenen und ungebrochenen Lichts zugleich, es entstände daraus aber keine Mischung der Farben.

Endlich führt er noch in einem Anhange zu einem andern Aufsatze einen ganz leichten Versuch an, der seine Meynung völlig bestätigen soll. Zwey runde Löcher nämlich, 12 bis 15 Linien im Durchmesser, werden 4 bis 5 Linien von einander in einem Blatte weißes Papier gemacht, und das eine mit einer rothen, das andere aber mit einer weißen Einfassung versehen; mit diesem Blatte stellt sich jemand 4 bis 5 Fuß von einem Gegenstande von mittlerer Größe, und hält es so, daß dieser dem einen Auge in der Mitte des Rothen, dem andern in der Mitte des Weißen erscheint. Als-

denn wird er in beyden Kreiſen niemals zugleich erſcheinen, wenn gleich beyde ſehr kenntlich ſind; auch wird er nicht hinter dem Zwiſchenraume, der ſie abſondert, ſich verbergen, ſondern er wird allemal bloß in der Mitte eines Kreiſes allein ſich erblicken laſſen.

Allein dieſe Meynung des du Tour widerlegt ſich ſchon hinlänglich dadurch, daß wir mit beyden Augen deutlicher als mit einem ſehen, und daß wir von einer runden Sache in jenem Falle mehr, als in dieſem erblikken; anderer Erfahrungen nicht zu gedenken, welche du Tour's Meynung offenbar zuwider ſind [d]).

Was das einfache Sehen mit beyden Augen betrift, ſo bemerkt Hartley [e]) als merkwürdig, daß die Sehenerven bey den Menſchen und Thieren, welche mit beyden Augen nach derſelben Richtung hinſehen, in der ſella turcica, in einen Nervenknoten oder gleichſam einem kleinen, ihnen beſonders zugegebenen Gehirne ſich vereinigen, und daß dieſerhalb die Vergeſellſchaftung gleichzeitiger Eindrücke auf jeder Netzhaut deſto eher und inniger bewirkt werde; weßwegen auch die Sehenerven weit mehr gegenſeitig auf einander wirken, als es ſonſt in irgend einem andern Theile des Körpers geſchieht. Auf ſolche Art mag ein Eindruck, der von einem einfachen Gegenſtande in einem Auge allein gemacht iſt, ſich in das linke fortpflanzen, und daſelbſt ein faſt eben ſo deutliches Bild, als in jenem iſt, erwecken, ſo daß wir, wenn wir bloß mit einem Auge ſehen, doch in jedem Auge ein Bild haben.

D. Smith [f]) beobachtete einen Geſichtsbetrug, welcher von dem Gebrauche beyder Augen entſteht, und

d) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1743.
e) Obſervation of Man Vol. I. p. 207.
f) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 345. f.

und bemühte sich zugleich, die Ursache davon anzugeben. Es ist bekannt, sagt er, daß man mit beyden Augen die Sachen heller und lebhafter sieht, als mit einem, besonders wenn beyde gleich gut sind, wie jeder, der nicht kurzsichtig ist, sich leicht überzeugen kann, wenn er nach ziemlich entlegenen Gegenständen aufmerksam, erstlich mit einem Auge, und dann mit beyden hinsieht. Diese Bemerkung gab zur Erfindung des Binoculartelescops Veranlassung, bey dessen Gebrauch der Unterschied sich noch weit deutlicher zeigt. Außerdem aber giebt diese Art von Fernrohr zu einer besondern Bemerkung Gelegenheit. In jedes Fernrohrs Brennpunkte ist gewöhnlich ein Ring, in dem einen so groß als in dem andern, um die Bilder, die daselbst entstehen, zu begrenzen. Betrachtet man diese Ringe, jeden allein mit einem Auge, so scheinen sie, wegen der gleichen Augengläser, gleich groß und gleich weit vom Auge; allein mit beyden Augen zugleich erscheinen sie größer und weiter entfernt, so wie auch die Gegenstände, die man durch sie sieht, alsdenn größer aussehen, ob sie gleich durch dieselben Ringe, wie vorhin, da man sie einzeln sah, begrenzt werden.

Als er diese sonderbare Erscheinung zu erklären suchte, bemerkte er eine noch seltsamere. Er hielt mit einem ausgestreckten Arme einen Cirkel, den er so weit geöffnet hatte, als die Entfernung seiner Augen von einander betrug, in gleicher Entfernung von seinen Augen, den Kopf des Cirkels in der Hand, und die Spitzen desselben hinauswärts und ein wenig höher als den Kopf. Hierauf richtete er seine Augen auf einen entfernten Gegenstand, der in der Linie lag, welche den Zwischenraum der Spitzen halbirte, und nahm zuerst zwey Zirkel wahr, indem jeder

Schenkel ſich verdoppelt hatte, wovon die beyden innern einander kreuzten. So wie er aber mit ſeiner Hand die beyden Schenkel zuſammendruckte, kamen die beyden Spitzen einander immer näher, und, ſo wie ſie zuſammenſtießen, fielen die beyden innern Schenkel auch in eins, und halbirten den Winkel der beyden äußern, erſchienen dabey lebhafter, dicker und länger, ſo daß ſie von ſeiner Hand nach dem entfernteſten Gegenſtande, den er nur im Geſichte haben mochte, ja nach dem Horizonte ſelbſt ſich erſtreckten. Dieſe Erſcheinung blieb unverändert, nach welchen Gegenſtänden zur Seite er ſeine Augen richtete, und verſchwand nicht, unter welchem Winkel er auch die Ebene der Schenkel gegen den Horizont neigte, oder auf welche Art er ſie anſehen mochte. Eben dieß erfolgte, wenn zwey gleiche Schnitte von Kork oder ſonſt zwey gleiche Flächen auf die Spitzen des Zirkels geſteckt wurden. In der fig. 69. ſind a, b, die Spitzen des Zirkels, c der Kopf, d, e die Augen des Beobachters, cf der ſcheinbare Schenkel, welcher den Winkel acb halbirt.

Dieſe Erſcheinung erklärt Smith auf folgende Art. Wenn man die Augen d, e wechſelsweiſe verſchließt, ſo wird man finden, daß die Punkte d, a, f in einer geraden Linie, die Punkte e, b, f in einer andern ſind, daß alſo die Punkte a und b ſich deßwegen bey dem Gegenſtande f zu vereinigen ſcheinen, weil ihre Bilder auf dieſelben Punkte der Netzhaut mit dem Gegenſtande f fallen. Eben darum wird auch der ſcheinbare Vereinigungspunkt der beyden Schenkel, wenn das Auge, während daß die Schenkel des Zirkels allmählig zuſammengedruckt werden, beſtändig darauf gerichtet erhalten wird, ſich allmählig zu nähern

hern scheinen; woraus auch erhellet, warum zwey Punkte der Schenkel, z. B. g und h, die von den äussersten gleich weit abstehen, dem Auge desto näher zu seyn scheinen, je näher sie nach dem Kopfe des Zirkels hin liegen.

Jurin hielt einst ein Buch, welches von einer Lichtflamme erleuchtet ward, ziemlich nahe an sein Auge, und richtete dabey seine Augen nach der jenseits darüber liegenden Decke des Zimmers hin, wovon er einen Theil mit einem Auge, einen Theil mit dem andern, und einen Theil mit beyden Augen sehen konnte. Indem er sich an den verschiedenen Schatten, welche sich bildeten, vergnügte, sahe er mit Bewunderung den mittleren und dunkelsten Theil des Schattens in Gestalt einer Pyramide sich von selbst nach jeden Gegenstand, worauf er seine Augen richtete, erstrecken. Er beschreibt diese Erscheinung umständlich, und sucht sie zu erklären. Sie scheint mit der von Smith beobachteten einige Aehnlichkeit zu haben.

Eine besondere Erscheinung, bey welcher sich die Wirkung des einen Auges auf das andere zeigt, erzählt Aepinus g). Als er durch ein Loch in einer metallenen Platte, welches etwa $\frac{1}{10}$ Linie groß war, mit seinem linken Auge sah, so schien sowohl das Buch selbst größer, als auch das Gesichtsfeld weiter, wenn er sein rechtes Auge geschlossen hielt, noch mehr aber, wenn er es mit der Hand bedeckte. Er fand viele Schwierigkeit, die Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers des Lochs und des Gesichtsfeldes zu messen. Endlich aber fand er, daß bey einer einen halben Zoll weiten

g) Nov. comment. Petrop. Vol. VII. p. 303.

weiten Oeffnung, da die Tafel, nach welcher er sah, 3 Fuß von seinem Auge entfernt war, der Durchmesser des Gesichtsfeldes anderthalbmahl größer ward, wenn er ein Auge verschloß, als wenn er beyde offen hatte, und zweymahl größer, wenn er seine Hand auf dem Auge hielt.

Diese Erscheinung erklärt er daher, daß die Oeffnung des einen Auges sich erweitert, wenn das andere geschlossen ist, wiewohl er den physischen oder anatomischen Grund hievon anzugeben sich nicht getrauete. Er betrachtet es als eine weise Einrichtung der Vorsehung, damit, wenn ein Auge abgeht, das Gesichtsfeld des andern erweitert werde. Daß diese Erweiterung noch merklicher wird, wenn das eine Auge mit der Hand zugehalten wird, rührt, seiner Meynung nach, daher, daß die Augenlieder nicht ganz undurchsichtig sind.

Was die Lehre des deutlichen und undeutlichen Sehens betrifft, so hat dieselbe in diesem Zeitraume vorzüglich D. Jurin in einer eigenen Abhandlung sorgfältig untersucht [h]). Er zeigt, daß man Gegenstände hinlänglich deutlich sehen kann, wenn gleich die Strahlenkegel, die von den einzelnen Punkten derselben herkommen, nicht nach einzelnen Punkten auf der Netzhaut hin gebrochen werden. Alsdenn aber werde das Bild eines jeden Punkts, weil die Strahlen von demselben sich entweder schon vor der Netzhaut vereinigen, oder nach einem Punkte hinter derselben zugehen, nothwendig einen kreisförmigen Raum auf der Netzhaut einnehmen, und folglich größer seyn, als es zum vollkommen deutlich Sehen eigentlich seyn sollte. Daher wird eine jede Sache, welche entweder zu weit oder

h) Smith's Lehrbegriff der Optik, durch Käſtner.

oder zu nahe ist, um vollkommen deutlich gesehen zu werden, größer, als sie wirklich ist, erscheinen, weil aus allen den kleinen kreisförmigen Räumen, welche die Strahlenkegel von dem Umfange der Sache auf der Netzhaut einnehmen, ein Lichtrand um ihr Bild entsteht.

Darum sieht an dem drey- oder viertägigen Monde der erleuchtete Theil verglichen mit dem dunkeln zu breit aus. Sein Bild nimmt auf beyden Seiten einen größern Raum ein, als es beym völlig deutlichen Sehen einnehmen würde, wobey der dunkele Theil noch um den Lichtrand der innern Seite des hellen vermindert wird. Aus demselben Grunde erscheint auch bey einer Sonnen- oder Mondfinsterniß der helle Theil gegen den dunkeln zu breit. Daß aber diese Erscheinungen von der hier angegebenen Ursache, und nicht, wie man wohl behauptet hat, daher entstehen, daß eine helle Sache die Netzhaut in einem größern Raume rührt, als eine dunkele, erweist Jurin durch folgenden Versuch. Man zeichne in einen Kreis eine Sichel, wie sie der drey- oder viertägige Mond vorstellt, und lasse solche weiß, das übrige, das den dunkeln Theil des Mondes vorstellen soll, färbe man schwarz; oder man mache eine Scheibe halb weiß, halb schwarz; so wird eine solche Figur in der gehörigen Entfernung für das vollkommene Sehen das richtige Verhältniß ihrer Theile zeigen; wenn man sie aber zu nahe vor sich hat, so wird der helle Theil in den dunkeln hineingehen, und sich auch auswärts über ihn zu erstrecken scheinen; eben das wird sich zeigen, wenn ein Kurzsichtiger sie zu weit von sich entfernt, oder ein Weitsichtiger sie durch ein erhabenes Glas betrachtet. Der Versuch gelingt am besten, wenn der ganze Kreis aus weißem Papiere ausgeschnit-

ſchnitten, der dunkele Theil mit Dinte geſchwärzt, und das Papier auf einen dunkeln Grund gelegt wird.

Die andern Planeten, welche weit kleiner als der Mond ausſehen, erſcheinen, nach Jurin's Bemerkung, matter, aber viel größer beym undeutlichen, als beym deutlichen Sehen, und ihre Durchmeſſer werden in einem viel ſtärkern Verhältniſſe, als der des Mondes vergrößert. Hieraus laſſen ſich die radii adventitii erklären, welche, wie Horroccius ſagt, alle Aſtronomen vor ihm verleitet haben, die ſcheinbaren Durchmeſſer der Planeten neun- bis zehnmahl zu groß zu machen.

Wegen dieſer Lichtränder, die von der Ausbreitung der Lichtkegel von entfernten Gegenſtänden auf der Netzhaut entſtehen, müſſen zwey Sterne näher bey einander zu ſtehen ſcheinen, als ſie wirklich ſind, und zwey ſehr nahe Sterne werden nur einen einzigen auszumachen ſcheinen müſſen, der aber heller als jeder für ſich allein iſt, weil ein Theil ihrer matten Bilder in eins fällt, und da, wo dieß geſchieht, faſt zweymahl ſo viel Licht als in den übrigen Theilen vorhanden ſeyn wird, ſo daß ſie zuſammen das Anſehen eines hellern, in der Mitte des von ihren Bildern eingenommenen Raumes befindlichen Sterns haben. Eben daher kann auch ein Stern, wenn er ſehr nahe an den Rand eines Planeten kommt, innerhalb des Planeten ſelbſt zu ſtehen ſcheinen, gleich als wenn dieſer durchſichtig wäre, und der Stern durch ihn geſehen würde. Ein Stern kann auch, wenn man ihn mit einem Teleſkope beobachtet, in die Mondsſcheibe zu treten ſcheinen, wenn das Teleſkop nicht recht gut iſt, oder das Auge des Beobachters nicht genau zum vollkommenen Sehen eingerichtet iſt.

Grö-

Größere Gegenstände erscheinen noch ziemlich deutlich in einer Entfernung, in welcher kleinere Gegenstände schon sehr undeutlich sind, weil die Lichtränder jener nicht so sehr in einander laufen. Daher kann man große Schrift viel näher beym Auge lesen, als eine kleine, weil bey jener die Buchstaben weiter von einander stehen, und ihre Lichtränder nicht so nahe in einander treten.

Die kleinste Entfernung zum vollkommenen Sehen, oder diejenige, bey welcher sich die von einem Punkte ausfahrenden Strahlen wieder in einen physischen Punkt auf der Netzhaut vereinigen, setzt Jurin aus vielen Beobachtungen insgemein auf 5, 6 oder 7 Zoll. Die größte Entfernung für das deutliche Sehen zu bestimmen, ward ihm schwerer; inzwischen setzt er sie vermittelst einer Berechnung, die er auf die Figur der brechenden Flächen im Auge und auf die Größe der brechenden Kräfte der Feuchtigkeiten in demselben gründet, nebst Zuziehung der Entfernung, in welcher sich zwey Sterne, deren Lage gegen einander bekannt ist, noch unterscheiden lassen, in einigen Fällen auf 14 Fuß 5 Zoll, wiewohl Porterfield sie für sein Auge nur zu 27 Zoll annimmt.

Dem undeutlichen Sehen wird, nach Jurin's Meynung, auf zweyerley Art abgeholfen, entweder daß das Auge sein Vermögen, welches es hat, sich selbst zum Sehen auf verschiedene Entfernungen einzurichten, anwendet, oder daß die Oeffnung des Auges sich verengert, welches letztere hauptsächlich bey starkem Lichte statt findet, und bisweilen alle andere Hülfsmittel unnöthig macht. Bey einem schwachen Lichte zieht sich der Augenstern so wenig zusammen, daß er vielmehr sich erweitern muß, um mehr Licht

hinein

hinein zu laſſen. D. Whytt i) aber bemerkt, daß bey gleicher oder gar geringerer Erleuchtung der Augenſtern ſich zuſammenziehen wird, um eine nähere oder kleinere Sache zu betrachten. Man laſſe jemanden, ſagt er, mit dem Rücken gegen das Licht gewandt, zuerſt eine lebhaft gefärbte Sache in einer Entfernung von 3 bis 4 Fuß betrachten, und hernach in einer Weite von 1 Fuß eine dunkele Sache, ſo wird man ſehen, daß bey der letztern der Augenſtern ſich merklich zuſammenzieht, ungeachtet das Auge in dieſem Falle weniger Licht zugeſchickt bekommt, als in dem erſten.

Jurin unterſucht in dem letzten Theile ſeiner Abhandlung die Streitfrage zwiſchen D. Hooke und Hevel über den kleinſten empfindbaren Winkel. Jener behauptete, daß ein Gegenſtand wohl nicht ſichtbar wäre, wenn er unter einem kleinern Winkel als einer Minute in's Auge fällt, und ein Verſuch von Smith beſtätigt dieß in dem Falle, da der Gegenſtand ein runder ſchwarzer Flecken auf weißem Grunde, oder ein weißer auf ſchwarzem Grunde iſt. Daraus berechnet letzterer, daß der Durchmeſſer des Bildes eines ſolchen kleinſten ſichtbaren Punkts auf der Netzhaut der 8000ſte Theil eines Zolls iſt, und nennt daher ein ſolches Theilchen einen empfindlichen Punkt auf der Netzhaut. Dagegen folgert Courtivron k) aus ſeinen Verſuchen, daß der kleinſte empfindbare Sehewinkel 40 Sekunden beträgt.

Jurin erinnert, daß es hiebey auch auf die Stärke des Lichts ankomme, da man einen Stern, welcher durch ein Ferurohr bloß wie ein heller Punkt erſcheint,

i) On vital and involuntary motions p. 133.

k) Hiſtoir. de l'Acad. roy. de Paris. an. 1752.

erscheint, und keinen Winkel von einer Sekunde am Auge macht, ganz wohl sieht, ungeachtet ein weißer oder schwarzer Fleck von 25 bis 30 Sekunden nicht empfunden werden kann. Auch kann man einen Strich von gleicher Breite mit einem kreisrunden Tüpfelchen noch sehen, wenn in eben der Entfernung das Tüpfelchen unempfindbar ist, weil die Stärke des Eindrucks von jenem größer, als von diesem ist, weßwegen auch ein längerer Strich auf eine größere Weite sichtbar bleibt, als ein kürzerer von derselben Breite. Durch Erfahrung fand er, daß ein Silberdrath unter einem Gesichtswinkel von $3\frac{1}{2}$ Sekunden, und ein seidener Faden unter einem von $2\frac{1}{2}$ Sekunden noch gesehen werden konnte.

Daß ein Strich auf eine größere Entfernung sichtbar ist, als ein Tüpfelchen von derselben Breite, dieß scheint, so lange man innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens bleibt, bloß von der mehreren Stärke des Eindrucks von jenem herzurühren; allein außerhalb dieser Grenzen, sagt Jurin, kommt noch ein Umstand hinzu, der den Unterschied der Empfindbarkeit sehr vergrößert. Denn das matte Bild jedes Punkts des Strichs fällt alsdenn zum Theil in das matte Bild des nächsten Punkts, und vermehrt folglich dessen Erleuchtung beträchtlich.

In einigen Fällen liegt, wie Jurin bemerkt, die Ursache des undeutlichen Sehens in der Unstandhaftigkeit des Auges. Wir sind z. B. wohl im Stande, einen einzelnen schwarzen Strich auf weißem Grunde, oder einen einzelnen weißen Strich auf schwarzem Grunde, aber nicht einen weißen Strich zwischen zwey schwarzen auf weißem Grunde zu erkennen. Denn wenn in den beyden ersten Fällen sich das Auge ein klein wenig bewegt, so wird daraus nichts anders

bers entſtehen, als daß das Bild des Gegenſtandes auf einen andern Theil der Netzhaut fällt; wohin es aber auch fällt, da wird doch nur ein einziges, mit keinem andern vermiſchtes Bild vorhanden ſeyn. Betrachtet man aber den weißen Raum zwiſchen zwey parallelen Strichen, ſo wird bey einer noch ſo kleinen Bewegung des Auges das Bild des einen oder des andern dieſer Striche auf die Stelle der Netzhaut rucken, auf welcher vorher das Bild des weißen Strichs lag; mithin wird dieß eine ſolche Verwirrung im Sehen machen, daß der weiße Strich nicht deutlich erkannt, und von dem ſchwarzen unterſchieden wird, indem dieſe wechſelsweiſe die Stelle des Bildes des weißen Strichs einnehmen, woraus der Anſchein eines einzigen breiten ſchwarzen Strichs entſteht, ohne daß man einen weißen Zwiſchenraum wahrnehmen könnte.

Da er eben dieſen Verſuch mit zwey Stecknadeln machte, deren Dicke er gemeſſen hatte, und die er in einem Fenſter gegen das Tageslicht, ſo weit von einander aufſtellte, als die Breite einer von ihnen betrug, ſo fand er, daß der Zwiſchenraum beyder ſich nicht mehr erkennen ließ, wenn er unter einem kleinern Winkel als 40 Sek. in's Auge fiel, wiewohl jede der beyden Stecknadeln allein unter einem viel kleinern Winkel noch zu erkennen war. Hieraus folgt aber nicht, daß das Auge einem Fehler von 40 Sekunden bey Schätzung der Weite zweyer Stifte unterworfen ſey, wenn ſie viel weiter von einander ſtehen. Denn wenn ihre Entfernung eine Minute beträgt, und jeder am Auge den wohl erkennbaren Winkel von 4 Sekund. macht, ſo kann das Auge die Stelle jedes Stifts höchſtens auf 2 Sekunden, und alſo den Winkel zwiſchen beyden Stiften höchſtens auf 4 Sekund.

irrig

irrig schätzen, wofern sonst das Werkzeug genau genug ist. Und doch gründete sich auf einen solchen Fehlschluß Hooke's vornehmster Einwurf gegen die Richtigkeit der Hevel'schen Beobachtungen.

Ein schwarzes Tüpfelchen auf einem weißen Grunde läßt sich gewöhnlich nicht wohl erkennen, wenn es einen kleinern Winkel als den von 1 Minute am Auge macht. Zeichnet man auf einem weißen Papiere zwey schwarze Tüpfelchen so weit von einander, als die Breite des einen beträgt, so läßt sich dieser Zwischenraum, selbst innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens, nicht erkennen, wenn der Sehewinkel so klein ist, als derjenige, unter welchem ein einziges Tüpfelchen von derselben Größe sich noch erkennen läßt. Er muß größer als eine Minute seyn. Genaue Versuche lassen sich hierüber, innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens, nicht anstellen, weil die Gegenstände gar zu klein seyn müßten; aus groben Versuchen, die Jurin mit viereckigen Stücken weißes Papier auf schwarzem Grunde machte, erhellte inzwischen so viel, daß der kleinste Winkel, unter welchem der Zwischenraum der beyden Gegenstände zu erkennen steht, wenigstens um den vierten Theil größer ist, als der kleinste Winkel, unter welchem die Gegenstände, jeder einzeln, zu empfinden wären. Ein Auge, das eine einzelne Sache unter keinem kleinern Winkel, als einer Minute, erkennen kann, wird den Zwischenraum von zwey solchen Sachen nicht erkennen können, wenn er weniger als 75 Sek. ausmacht.

Außerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens wird die Entfernung, auf welche eine einzelne Sache empfindbar bleibt, viel größer gegen diejenige werden, in welcher ein gleich großer Zwischenraum von zwey

solchen

ſolchen Sachen erkennbar iſt. Denn alsdenn werden die Zerſtreuungsräume von zwey nahen Sachen in den Raum zwiſchen ihnen rucken, und dieſen undeutlich machen; aber einer einzelnen Sache Bild wird durch den Zerſtreuungsraum größer werden, und die Sache daher erkennbar machen, wenn es anders nicht zu matt iſt.

Auch erklärt er aus dieſen Gründen das Blinkern der Sterne, wodurch ihr Licht nach verſchiedenen Gegenden hin zu gleicher Zeit zu ſchießen ſcheint.

Tobias Mayer [1]) machte mancherley Verſuche, den kleinſten Sehewinkel unter allerhand Umſtänden zu beſtimmen. Zuerſt beobachtete er die Entfernung, in der ein ſchwarzer Fleck auf ſehr weißem Papiere unkenntlich zu werden anfing, und ſchloß, aus mehreren Verſuchen ein Mittel genommen, daß der kleinſte Sehewinkel 34 Sekund. betrage. Schwarze Striche mit Zwiſchenräumen von größerer Breite als ſie ſelbſt hatten, waren auf größere Weiten kenntlich, als wenn die Zwiſchenräume ſo breit, als die Striche ſelbſt waren. Uebrigens blieb der kleinſte Sehewinkel einerley, er mochte die Sachen an einem ſchattigen Orte oder in dem ſtärkſten Sonnenlichte betrachten. Wenn aber die Erleuchtung ſchwach war, ſo ereignete ſich zwar mehrere Ungleichheit in den Sehewinkeln, aber doch lange nicht nach dem Verhältniſſe der Erleuchtungen. Denn wenn eine Sache bey einem gewiſſen Grade von Erleuchtung in einer Entfernung von 9 Fuß unkenntlich ward, ſo konnte eben dieſe Sache bey einer 169 mahl kleinern Erleuchtung von 4 Fuß eben ſo gut geſehen werden. Aus ſeinen Ver-

1) Experim. circa viſus aciem in Comment. Goetting. Tom. IV. p. 97.

Versuchen folgerte er, daß das gewöhnliche Tageslicht insgemein so viel erleuchtet, als 25 Lichter in der Entfernung eines Fußes von der Sache.

De la Hire hatte einen Versuch gemacht, den D. Jurin auf folgende leichtere Art unternahm. Hält man nämlich ein Parallellineal nicht weit geöffnet gerade vor das Auge, so daß man dadurch das Tageslicht sehen kann, so wird der Zwischenraum in der kleinsten Entfernung zum deutlichen Sehen wie ein einziger heller Strich sich zeigen. Bringt man aber das Parallellineal näher an das Auge, so wird der Zwischenraum doppelt, wie zwey helle Striche mit einem dazwischen liegenden dunkeln, erscheinen, und mit Veränderung der Oeffnung oder der Entfernung wird man nicht allein mehrere helle und dunkle Striche einen um den andern, sondern so viele wahrnehmen, daß man sie nicht zählen kann, besonders wenn man durch die Oeffnung nach einer Lichtflamme sieht. Eben dieß nimmt man auch wahr, wenn das Lineal in allzugroßer Entfernung von Kurzsichtigen, oder durch ein erhabenes Glas von Weitsichtigen betrachtet wird. Diese und ähnliche Erscheinungen will D. Jurin aus der Newton'schen Hypothese von den Anwandlungen des leichtern Durch- und Zurückgehens erklären. Robins [m]) hingegen erklärt sie aus der Anstrengung des Auges, welche es sich geben muß, um außer den Grenzen des deutlichen Sehens etwas zu unterscheiden, wodurch die Oberfläche ungleich gespannt und runzelicht werde. Wenn Jurin's Erklärung des Versuchs mit dem Parallellineale richtig wäre, so würde, sagt er, folgen, daß die Sterne nicht mit Lichtspitzen, sondern

m) Tracts. Vol. II. p. 280.

dern mit concentrischen Lichtkreisen umgeben zu seyn scheinen müßten, wie der helle Strich mit parallelen Linien. Ein sehr kleines Nadelloch in einem Stücke Papiere, das man gegen das Licht, zuerst in einer Entfernung vom Auge, in der man es deutlich sieht, und darauf immer näher hält, wird, sagt er, sobald es seine Deutlichkeit verliert, Strahlen wie ein Stern zu schießen, aber nicht mit hellen Kreisen umgeben zu seyn scheinen. Wenn man, fährt er fort, auf alle Umstände bey diesem Versuche wohl Acht hat, so wird man daraus die hellen Striche an dem andern Versuche erklären können; indem in den meisten dieser Strahlen, wo nicht in allen, ein lichter Fleck sich zeigen wird, so daß, wenn man in das Papier durch das Loch einen Einschnitt, von der Breite des Lochs, macht, jeder dieser Flecken ein lichter mit dem Einschnitte paralleler Strich werden wird.

Endlich erzählt Jurin am Ende seiner Abhandlung, was erfolgt, wenn man eine helle von einer dunkeln umgebene Fläche aufmerksam betrachtet; hiebey erscheint nämlich bisweilen ein heller Rand innerhalb des dunkeln, und ein dunkeler Rand innerhalb des hellen. Er erklärt dieß daher, daß der Eindruck des Lichts auf der Netzhaut noch einige Zeit, nachdem er schon vorbey ist, fortdauert, wie man z. B. erfährt, wenn man in die Sonne gesehen hat. Denn bey dem geringsten unvermeidlichen Wanken des Kopfes wird die Stelle der Netzhaut, auf welche vorher die dunkeln und matten Striche außerhalb des Bildes fielen, von dem Lichte des hellen Theils einen Eindruck bekommen, und dieser plötzliche Uebergang vom Dunkeln zum Hellen wird darauf eine lebhaftere Empfindung des Lichts verursachen, als der übrige Theil der

Netz-

Netzhaut hat, der die ganze Zeit zuvor von dem Lichte des weißen Papiers gerührt gewesen ist; d. i. die helle Fläche wird mit einem noch hellern Rande umgeben zu seyn scheinen. Wenn sich nun das Auge ein wenig zur Seite dreht, um diesen hellen Rand besser zu betrachten, so wird eine Stelle der Netzhaut, auf welche vorher das Bild eines Theils der schwarzen Fläche fiel, nunmehr von dem Lichte der weißen Fläche gerührt, und weil sie noch dunkeler als jene erstere gewesen war, so ist die Empfindung des Lichts darauf noch stärker als dort, d. i. der helle Rand wird noch breiter und heller als zuvor.

J. de la Motte [n]) hat einige Erscheinungen, welche das deutliche und undeutliche Sehen betreffen, wohl erklärt, und zwar bey der Gelegenheit, da er einen nach Scheiner'n angeführten Versuch nachmachen wollte, wobey er fand, daß ein entfernter Gegenstand vielfach erscheint, wenn man ihn durch zwey oder mehrere Löcher betrachtet, die mit einer Nadel in ein Kartenblatt nicht weiter von einander, als die Weite der Augenöffnung beträgt, gestochen sind. Es wollte ihm aller Bemühungen ungeachtet der Versuch nicht gelingen, als ein Freund, der ihn besuchte, auf sein Verlangen die Probe machte, und sie diesem vollkommen gelang. Sein Freund war kurzsichtig, er aber nicht. Als er demselben ein Hohlglas gab, das er hart an das Kartenblatt halten mußte, erschien der Gegenstand nur einfach. Durch diese Bemerkung fand sich de la Motte im Stande, die Sache völlig in's Licht zu setzen.

Wenn

n) Versuche und Abhandlungen der Gesellschaft in Danzig. B. II. S. 290. f.

Wenn die Sache ſo weit entfernt, und das Auge ſo beſchaffen iſt, daß es ohne alle Anſtrengung die zuſammengehörenden Strahlen auf einem Punkte der Netzhaut vereinigt, ſo wird die Sache nie anders als einfach erſcheinen, durch wie viele Löcher man ſie auch betrachtet. Die Theile des Kartenblattes, welche das Licht auffangen, werden die Menge der in jedem Lichtkegel enthaltenen Strahlen nur vermindern, und die Sache wird weniger helle ſcheinen. Iſt aber das Auge genöthigt, ſeine Geſtalt zu ändern, um Deutlichkeit zu erhalten, ſo giebt das Dazwiſchenkommen des Kartenblattes, indem man dadurch zu einer andern Idee oder einer andern Schätzung der Entfernung verleitet wird, dem Auge ſeine ihm natürliche Einrichtung wieder, und alsdenn werden die von einem Punkte herkommenden Lichtſtrahlen, welche durch die verſchiedenen Löcher fallen, entweder erſt hinter der Netzhaut ſich vereinigen wollen, oder ſie thun dieß ſchon, noch ehe ſie die Netzhaut erreichen. In beyden Fällen wird es ſo viel von einander verſchiedene Eindrücke geben, als Löcher in dem Blatte ſind, mit dem Unterſchiede, daß in dem erſten Falle die Bedeckung eines Lochs rechter Hand ein zur rechten liegendes Bild verſchwinden machen wird; dagegen in dem andern Falle auf die Bedeckung eines Lochs rechter Hand ein zur linken liegendes Bild wegfallen wird, weil die Strahlen ſich, ehe ſie die Netzhaut erreichten, kreuzen.

Noch eine andere Urſache der Undeutlichkeit des Sehens liegt in der zu großen Dünne der Lichtkegel, welche das Bild einer Sache machen. Einiges hievon führt Prieſtley o) an, welches ihm von ſeinem Freunde Michell mitgetheilt worden iſt. Am beſten

o) Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 490.

esten scheint der Versuch zu gerathen, wenn man die Oeffnung eines Fernrohrs nimmt, weil dadurch die Strahlenkegel sehr dünne gemacht werden können, ohne daß man zu befürchten hat, wegen der Anziehung der Seiten des Lochs, als wodurch die Strahlenkegel zusammen gezogen werden möchten, in Irrthum zu gerathen. Michell fand aus seinen damaligen Versuchen, daß das Bild ziemlich merklich undeutlich war, wenn der Strahlenkegel nur $\frac{1}{100}$ eines Zolls im Durchmesser hielt; daß es aber, wenn dieser Durchmesser nur $\frac{1}{1000}$ eines Zolls betrug, so sehr undeutlich ward, daß er nicht mit Sicherheit ein kleines dreyeckigtes Loch von einem kreisrunden zu unterscheiden in Stande war. War der Strahlenkegel ohne die Farte $\frac{1}{2000}$ eines Zolls stark, so konnte er mit aller Anstrengung von der ganzen Gestalt der Lichtflamme nur einige schwache Spuren unterscheiden.

Als er die Sonne betrachtete, und der Strahlenkegel etwa nur $\frac{1}{2000}$ eines Zolls im Durchmesser hielt, so schien sie ihm eben so undeutlich, als die Lichtflamme es gewesen war. Er konnte zwar noch unterscheiden, wo das Sonnenbild war, es war aber ganz außerordentlich undeutlich und übel abgeschnitten, wiewohl bey alle dem die Helligkeit der Sonne noch größer, als die Helligkeit des Mondes mit bloßen Augen gesehen, war, und dieß etwa in dem Verhältnisse von 2 zu 1, wenn man die Oeffnung des Auges beym Ansehen des Mondes auf $\frac{1}{8}$ Zoll setzt, doch immer wenigstens hundertmahl größer blieb, als die Helligkeit ihres Bildes, wenn man sie durch das Heliostrop betrachtet, wo sie doch sehr schön und hell abgeschnitten erscheint.

Auch verſuchte er es mit einer dreyeckigen Strahlenpyramide, deren Durchſchnitt etwa noch einmal ſo groß, als der des Strahlenkegels vorher war. Auf ſolche Art erſchien die Sonne wenig oder gar nicht deutlicher; er bemerkte aber nichts von dem Strahlenſchießen, das er vorher an den Punkten des Lochs wahrgenommen hatte, ſondern die Winkel waren vielmehr abgeſtumpft.

Dieſe Art von Undeutlichkeit ward bey dieſen Verſuchen zwar nicht eher merklich, als bis der Strahlenkegel nur etwa noch $\frac{1}{100}$ Zoll im Durchmeſſer hielt, allein ſie möchte wohl nach der Muthmaßung des Herrn Michell ſchon einzutreten anfangen, wenn der Strahlenkegel kleiner, als $\frac{1}{30}$ Zoll iſt. Er glaubt, daß man bey der Verſtärkung der Vergrößerungskraft der Fernröhre, wenn gleich die Helligkeit noch hinlänglich groß gelaſſen wird, wenig oder gar nichts gewinne, wofern der Strahlenkegel unter der eben erwähnten Dicke vermindert wird. Doch war das von ihm gebrauchte Fernrohr keines der deutlichſten, wenn ihm auch die volle Oeffnung gelaſſen ward.

Was die ſcheinbare Stelle der Gegenſtände betrifft, welche Barrow nach einer ihm eigenen Hypotheſe zu beſtimmen geſucht hatte, ſo fand er ſelbſt einige Schwierigkeiten, welche Berkley [p]) zu heben ſuchte. Dieſer bemerkt, daß die durch den Zerſtreuungskreis der Strahlen auf der Netzhaut verurſachte Undeutlichkeit dieſelbe iſt, es mögen die Strahlen ſich diesſeits der Netzhaut ſchon vereinigt haben, oder ſich erſt jenſeits derſelben vereinigen wollen; deßwegen werde in beyden Fällen das Urtheil von der Entfernung einer-

p) Eſſay towards a new theory of viſion. Dublin 1709. 8.

einerley seyn, ohne daß die Stelle, woher die Strahlen ursprünglich kommen, dabey in Betrachtung gezogen würde; und da in diesem Falle, so wie man sich von dem Linsenglase entfernt, die Undeutlichkeit, die allemal bey einem zu nahen Gegenstande sich äußert, größer werde, so werde man urtheilen, daß der Gegenstand näher rucke.

Dagegen erinnert D. Smith q), daß solchergestalt die Sache immer in einer geringern Entfernung vom Auge zu seyn scheinen müßte, als diejenige ist, in welcher man Gegenstände deutlich sieht, welches aber keinesweges der Fall sey. Er nimmt zur Erklärung sowohl dieses Falles, als aller anderer, wobey eine Schätzung der Entfernung vorkommt, an, daß wir von der Entfernung bloß, oder hauptsächlich nach der scheinbaren Größe der Sache urtheilen, weßwegen in diesem Falle, da das Bild größer wird je weiter man sich von dem Glase entfernt, durch welches man die Sache betrachtet, diese uns näher zu kommen scheine. Er bemüht sich auch zu erweisen, daß man allemal, wenn man ein Glas gebraucht, nach dieser einfachen Regel die Entfernung schätze, und folgert daraus überhaupt, daß die scheinbare Entfernung einer durch ein Glas gesehenen Sache sich zu ihrer scheinbaren Entfernung für das bloße Auge verhalte, wie ihre scheinbare Größe für das bloße Auge zu der scheinbaren Größe durch das Glas.

Daß wir aber von der Entfernung nicht bloß nach dem Sehewinkel urtheilen, ist eine schon von dem Araber Alhazen gemachte Bemerkung, welcher einige Beys

q) Lehrbegriff der Optik durch Kästner S. 48 u. 404.

Beyspiele anführt, in welchen zwar die Sehewinkel verschieden sind, und die scheinbaren Größen dennoch von Jedem und augenblicklich für nicht unterschieden erklärt werden. Auch zeigt Robins r), daß Smith's Hypothese der Erfahrung in den gemeinsten und einfachsten Fällen widerspreche. Bey Mikroskopen, sagt er, kann das Auge unmöglich die Sache so vielmal näher schätzen, als sie vergrößert wird, weil bey starken Vergrößerungen die Entfernung so groß ausfallen müßte, daß man gar keinen Begriff davon haben könnte, da man die Sache nie so nahe ans Auge bringen kann. Ueberhaupt meint er, werde ein jeder, der eine Sache erst durch ein erhabenes Glas, und darauf ohne Glas betrachte, sie in dem letztern Falle für näher halten, ob sie gleich durch das Glas vergrößert wird; und wenn man eben dieses mit einem Hohlglase versuche, werde die Sache zwar durch das Glas kleiner, aber zugleich näher, als ohne das Glas, zu seyn scheinen.

Der stärkste Beweis aber, daß die scheinbare Entfernung des Bildes sich nicht nach dessen scheinbarer Größe richtet, ist folgender Versuch. Man halte vor einem auf beyden Seiten erhabenen Glase ein leuchtendes Objekt, z. B. eine Lichtflamme, so wird man zwey Bilder, ein aufrechtes und ein umgekehrtes sehen, das erste durch die Zurückstrahlung von der Vorderfläche, und das zweyte durch die Zurückstrahlung von der Hinterfläche, vor und nach welcher die Strahlen von der Vorderfläche gebrochen werden. Hat dieses Glas eine nicht gar zu kurze Brennweite, so wird das umgekehrte Bild, wenn das Glas nahe an den Gegenstand gehalten wird, größer und auch

näher,

r) Tracts. Vol. II. p. 247.

näher, als das aufrechte, scheinen; wird aber das Glas von dem Gegenstande entfernt, und das Auge bleibt dem Glase so nahe wie vorher, so wird das umgekehrte Bild so viel schneller, als das andere, abnehmen, daß es zuletzt viel kleiner, aber doch näher als dieses erscheinen wird. Hier werden, sagt Robins, zwey Bilder einer und derselben Sache zu gleicher Zeit gesehen und ihre scheinbaren Entfernungen werden unmittelbar mit einander verglichen; und man sieht dabey offenbar ein, daß diese Entfernungen mit ihrer scheinbaren Größe gar nichts zu thun haben. Dabey zeigt er noch, wie man diesen Versuch auf eine noch überzeugendere Art anstellen könne, wenn man nämlich ein Stück Papier mitten auf dem Glase befestigt, und es durch eine kurze Röhre betrachtet.

Auch Montucla *) erklärt sich gegen D. Smith's Hypothese von der scheinbaren Größe der Entfernung. Er glaubt gegen Smith und andere Optiker beweisen zu können, daß, wie schon nach Robins angeführt ist, eine Sache durch ein erhabenes Glas betrachtet weiter entfernt zu seyn scheint, als mit bloßen Augen. Man lege ein solches Glas auf beschriebenem Papiere oder sonst einer Sache, so wird diese, wenn man das Glas davon wegruckt, sich weiter zu entfernen scheinen, je größer sie wird. Genügt dieß nicht, so schlägt er folgenden Versuch vor, wodurch er manchen auf seine Meynung gebracht zu haben versichert. Er ließ sie durch ein Converglas auf den Rand eines Tisches herunter sehen, und sagte, sie möchten mit dem Finger den Rand zu berühren suchen; es war aber keiner, der nicht zu weit herunter gefahren wäre, da sie

*) Hist. des mathemat. Vol. II. p. 602.

ſie doch zu hoch getroffen haben würden, wenn ſie den Rand näher als vorher gehalten hätten.

In der Erfahrung, welche Barrow anführt, um die Unrichtigkeit der Meynung zu beweiſen, daß der ſcheinbare Ort des Bildes eines Punktes in dem Durchſchnitte des gebrochenen Strahls mit dem Perpendikel von dem Punkte auf die brechende Fläche ſeyn ſollte, glaubt Montücla auch einen Grund wider Smith's Hypotheſe zu finden. Denn nach derſelben müßte jeder Theil eines ſenkrecht in's Waſſer gehaltenen Stabes, den man ſchief anſieht, deſto kleiner ſcheinen, je tiefer er liegt. Am Ende geſteht doch Montücla mit Barrow ein, daß bey der Erklärung der undeutlichen Erſcheinung durch ein Linſenglas noch Schwierigkeiten übrig bleiben, welche wegzuräumen er die Optiker auffordert.

Erläuterungen hierüber hat Bouguer t) gemacht, welcher Barrow's allgemeine Regel annimmt, daß wir den Ort eines Punktes dahin ſetzen, woher die Strahlen dem Anſehen nach auseinanderfahrend in's Auge kommen. Kommen die Strahlen von einem Punkte unterhalb der Oberfläche des Waſſers oder eines andern brechenden Mittels, ſo findet er, daß es zwey ſolcher Vereinigungspunkte giebt, von welchen die Strahlen aus, und in's Auge fahren; einen nämlich für diejenigen Strahlen, welche in derſelben ſenkrechten Fläche befindlich ſind, und alſo gegen die brechende Fläche ſich verſchiedentlich neigen, und einen andern für diejenigen, welche auf die brechende Fläche mit demſelben Grade der Schiefe fallen, und einer neben dem andern zur Seite in's Auge kommen. Bisweilen iſt es das eine, bisweilen das andere

t) Traité d'optique. p. 104.

dere dieser Bilder, worân die Seele sich hält, und verschiedene Personen können ganz wohl verschiedene Bilder sehen.

Es sey (fig. 70.) baβ ein Theil der Oberfläche des Wassers, und der Gegenstand in o, von welchem die Linie oa senkrecht auf die brechende Fläche ist. Von diesem Punkte o entstehen zwey Bilder, eines in g, einem Punkte der Brennlinie durch die Brechung, das andere in e auf der senkrechten oa, die ebenfalls als eine Brennlinie anzusehen ist. Das erste Bild wird durch Strahlen, wie odm, oδμ empfunden, deren einer nach dem Auge hin höher liegt, als der andere; dagegen das Bild in e von Strahlen, wie odm, oef, gemacht wird, welche einer neben dem andern in's Auge kommen. Dieses kann, sagt er, zur Erklärung der Schwierigkeit dienen, welche Tacquet, Barrow, Smith und viele andere sich gemacht haben, und die Newton selbst für sehr groß erklärt hat, wiewohl sie nicht ganz unauflößlich seyn mag.

G. W. Kraft [u]) vertheidigt Barrow's Grundsatz von dem Orte eines durch Zurückstrahlung oder Brechung gesehenen Bildes. Was den Fall betrifft, da ein entfernter Gegenstand in einem Hohlspiegel von einem nahe vor demselben befindlichen Auge gesehen wird, als wobey Barrow's Regel nicht gebraucht werden kann, weil das Bild zwischen das Auge und die Sache fällt, so erinnert er, daß man in diesem Falle den Spiegel als eine Menge ebener Spiegel betrachten könne, wiewohl das Bild etwas undeutlich sey.

In Ansehung unsers Urtheils über die Entfernungen der Gegenstände hat Porterfield [x]) sehr gute Ideen

u) Comment. Petrop. Vol. XII. p. 252.
x) On the eye. Vol. II. p. 387.

Ideen vorgetragen. Zu allen denjenigen Mitteln, welche ſchon de la Hire (Th. III. S. 148.) angeführt hat, rechnet er noch das Vermögen des Auges, ſich ſelbſt auf verſchiedene Entfernungen einzurichten. Das erſte Mittel, deſſen ſich die Seele bedient, die Entfernung einer Sache zu ſchätzen, iſt die Einrichtung, welche dem Auge nöthig iſt, auf verſchiedene Entfernungen deutlich zu ſehen. Die Seele iſt ſich der dazu nöthigen Bemühungen bewußt, und kann dadurch gewiſſer Maaßen ſelbſt mit einem Auge alle Entfernungen ſchätzen. Dieſes Mittel aber iſt außer den Grenzen des deutlichen Sehens nicht mehr brauchbar, wiewohl alsdenn der größere oder geringere Grad von Undeutlichkeit, nachdem die Sache mehr oder weniger über die Grenzen hinaus liegt, zur Schätzung der Entfernung behülflich iſt. Dieſer Gebrauch der Undeutlichkeit iſt aber auch eingeſchränkt. Denn wenn die Entfernung der Sache ſo groß iſt, daß die Weite der Oeffnung des Auges dagegen nicht mehr in Vergleichung kommt, ſo wird man die von einem Punkte der Sache herkommenden Strahlen für parallel halten können, und ihr Bild auf der Netzhaut wird deßwegen nicht merklich undeutlicher werden, wenn ſie auch beträchtlich weiter entfernt wird.

Ein Hauptmittel, um die Entfernung zu beurtheilen, ſagt er, liegt in dem Winkel der Sehaxen. Unſere beyden Augen ſind gleichſam zwey Standpunkte, von welchen man die Entfernungen der Gegenſtände aufnimmt; und darum fehlen ſo oft Einäugige, wenn ſie Getränke in ein Glas gießen, ein Licht ſchneuzen, oder ſonſt etwas thun wollen, wovon die Entfernungen genau abgemeſſen werden müſſen. Dieſes überzeugend einzuſehen, ſagt er, hänge man einen Ring

an

an einem Faden auf, stelle sich zwey oder drey Schritte von ihm, mit dem Gesichte gegen die schmale Fläche desselben so gekehrt, daß die Oeffnung nach der rechten und linken Hand hin liege, und versuche bey geschlossenem einen Auge mit einem am Ende gekrümmten Stabe durch den Ring zu treffen. So leicht dieß zu seyn scheint, so wird man doch finden, daß es vielleicht unter hundertmalen nur einmal geräth, besonders wenn man den Stab etwas geschwinde bewegt.

Noch führt er an, daß es Leuten, die mit einem Auge blind geworden sind, ohne zu wissen, wie lange sie es sind, wohl möglich ist, dieses angeben zu können, wenn sie sich besinnen, um welche Zeit sie angefangen haben, die vorher bemerkten Fehler zu begehen. Dieses ist ein Umstand, der einem Arzte zur Hebung des Uebels nützlich seyn kann, und dessen sich Porterfield selbst einmal zur Heilung des schwarzen Staars bediente, weil er daraus schloß, daß dieses Gebrechen noch nicht alt wäre. Uebrigens hilft der Winkel der Sehearen zur Schätzung der Entfernungen nur auf eine gewisse Weite, welche Dechales zu 120 Fuß ansetzt, weil weiterhin der Winkel sich nicht merklich verändert.

Das dritte Hülfsmittel zur Beurtheilung der Entfernungen besteht in der scheinbaren Größe der Sachen, welches Smith für so wichtig hielt. Von der Veränderung des Bildes auf der Netzhaut schließen wir leicht auf die Entfernung der Sache, wofern uns anders die wahre Größe der Sache bekannt ist; denn sonst können wir aus der scheinbaren Größe allein gar nicht auf die Entfernung schließen.

Hieraus

Hieraus begreift man, warum man in der Schätzung der Entfernungen so oft irrt, wenn man einen Gegenstand von ungewöhnlicher Größe vor sich sieht, z. B. wenn man auf eine große Stadt, eine Domkirche oder einen Berg von außerordentlicher Größe zu reiset, da man dergleichen Gegenstände immer für näher hält, als sie wirklich sind. Darum sehen auch Thiere und alle kleine Sachen, die man von unten aus dem Thale an einem hohen Berge sieht, außerordentlich klein aus. Denn wir halten den hohen Berg für niedriger, als er ist, und würden uns nicht wundern, daß die Thiere auf demselben so klein aussehen, wenn wir wüßten, daß sie so weit von uns sind.

Jurin[y]) erklärt deutlich, warum Gegenstände, welche man von einem hohen Gebäude herab betrachtet, kleiner aussehen, als sie sind, und kleiner, als sie uns vorkommen, wenn man sich mit ihnen auf derselben horizontalen Ebene befindet. Unter diesen Umständen, sagt er, haben wir keinen deutlichen Begriff von Entfernungen, und urtheilen also bloß nach der Größe des Bildes im Auge; allein durch Gewohnheit werden wir in diesem Falle eine Fertigkeit erhalten, richtig zu urtheilen. Man lasse einen Knaben, der nie oben auf einem hohen Gebäude gewesen, die Spitze eines hohen Gegenstandes besteigen, und von da auf die Gasse herunter sehen, so werden ihm Menschen und Pferde unten an der Erde so klein vorkommen, daß er sich sehr darüber wundern wird. Aber nach zehn oder zwanzig Jahren, wenn er in der Zeit manchmal von so großen Höhen herunter zu sehen sich gewöhnt hat, werden ihm dieselben Gegenstände nicht mehr so klein vorkommen. Und wenn er sie von solchen Höhen herab so

y) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käst.ner. S. 53.

so oft sähe, als er sie mit sich auf derselben Ebene auf den Gassen sieht, so würden sie ihm, wie er glaubt, oben von der Spitze des Gegenstandes herab nicht kleiner vorkommen, als wenn er sie aus einem Fenster im ersten Stocke betrachtet. Darum müssen auch die Bildsäulen, die auf hohen Gebäuden zu stehen kommen sollen, größer als diejenigen gemacht werden, die man in der Nähe sehen soll, weil alle Leute, Baumeister ausgenommen, hohe Gebäude für niedriger halten, als sie wirklich sind.

Als das vierte Mittel, Entfernungen zu schätzen, giebt Porterfield die Lebhaftigkeit der Farbe an, mit welcher die Gegenstände erscheinen. Wenn wir wissen, daß zwey Sachen einerley und gleich starke Farbe haben, und eine derselben erscheint uns heller und lebhafter als die andere, so werden wir die hellere für näher halten.

Das fünfte Mittel, die Entfernungen zu schätzen, besteht in dem verschiedenen Aussehn der kleinen Theile der Gegenstände. Erkennt man diese deutlich, so halten wir den Gegenstand für nahe; können wir sie nicht anders als undeutlich oder gar nicht sehen, so halten wir ihn für entfernt. Denn das Bild einer Sache oder eines ihrer Theile wird kleiner in dem Verhältnisse, als die Sache fortruckt.

Das sechste Mittel endlich liegt darin, daß man nicht eine Sache allein, sondern alle umliegende um den Hauptgegenstand, dessen Entfernung man schätzt, zugleich mit betrachtet. Je mehr der Zwischenraum von dem Auge bis an denselben in kleinere und deutlich erkannte Theile getheilt ist, desto größer wird er uns vorkommen. Darum scheinen Entfernungen auf unebenen Flächen kleiner, als auf einer ebenen. Denn

die

die Ungleichheiten des Bodens, als Hügel, Vertiefungen und Flüsse, die niedrig und außer dem Gesichte sind, fallen theils nicht in die Augen, theils entziehen sie das dahinter liegende dem Anblicke; daher der ganze Zwischenraum um die nicht zu Gesichte kommenden Theile vermindert wird. Darum erscheinen die Ufer eines entfernten Flusses zusammen zu stoßen, wenn das Wasser niedrig fließt und nicht gesehen wird.

Porterfield erklärt einige Gesichtsbetrüge, welche von einer irrigen Schätzung der Entfernung herrühren. So scheinen uns parallele Reihen von Bäumen immer mehr und mehr sich einander zu nähern, je weiter sie fortlaufen, weil die scheinbare Größe ihrer senkrechten Zwischenweiten beständig abnimmt, und wir uns zugleich in der Schätzung der Entfernung irren. Hingegen, wenn die parallel laufenden Reihen längst einer Anhöhe hingepflanzt sind, so daß nunmehr die entferntern Theile weiter scheinen als sie wirklich sind, weil der Sehewinkel größer wird, als wenn sie horizontal wären, so werden die Reihen nicht so sehr als in jenem Falle zusammenlaufend, ja wohl gar auseinander laufend scheinen.

Aus eben dem Grunde, aus welchem eine lange Allee sich zusammenzuziehen scheint, werden auch die entfernten Theile eines horizontalen Bodens allmählich sich zu erheben scheinen, und mit ihnen zugleich die darauf stehenden Gegenstände; da hingegen die Decke einer langen Gallerie nach der horizontalen Ebene durch das Auge des Beobachters sich herab zu senken scheint. Darum erhebt sich die Fläche der See, wenn man sie von einer Anhöhe betrachtet, desto mehr, je weiter man seine Blicke richtet; und die obern Theile eines hohen Gebäudes haben das Ansehen, als ob sie sich

vorwärts

rwärts neigten, weil sie sich der senkrechten Linie
ırch das Auge des Beobachters zu nähern scheinen;
eßwegen auch Statuen auf der Spitze solcher hoher
ebäude ein wenig rückwärts gelehnt werden müssen,
enn sie aufrecht stehend aussehen sollen.

Eine Windmühle, fährt er fort, die man in ei-
r großen Entfernung sieht, kann sich nach einer der
irklichen Richtung entgegengesetzten zu bewegen schei-
n, wenn wir das nähere Ende eines Flügels für
is entferntere halte. Daher kommt es auch, daß
ir bisweilen ungewiß sind, nach welcher Gegend sich
n Kronleuchter dreht; daß wir eine vertiefte Fläche
id eine erhabene mit einander verwechseln, besonders
enn wir Siegel und Abdrücke mit einem Converglase
er mit einem zusammengesetzten Mikroskop betrach-
n; daß wir des Nachts, wenn wir in eine Gasse
mmen, welche nur von einer Reihe Laternen erleuch-
: ist, diese an die unrechte Seite setzen.

Noch weit mehr ward dieser Gegenstand von
ouguer [z]) aus einander gesetzt. Die wahre Me-
ode, zwey scheinbar parallel laufende Reihen von
äumen zu ziehen, ist eine Aufgabe, welche das Nach-
nken mehr als eines Naturforschers und Mathema-
ers beschäftigt hat. Daß die scheinbare Größe ei-
r Sache mit dem Winkel, unter welchem sie gesehen
ird, abnimmt, ist von jeher als ausgemacht angenom-
en worden; desgleichen ist von allen eingestanden, daß
ir nicht anders, als durch Gewohnheit und Erfah-
ng sowohl von der Größe, als von der Entfernung urs
eilen lernen; aber bey der Anwendung dieser Grund-
sätze

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1755.

ſätze zur Auflöſung jener Aufgabe iſt von Allen, vor Bouguer, die wahre Entfernung ſtatt der ſcheinbaren gebraucht worden, da doch die Seele ſich in ihrer Schätzung bloß nach der letztern richtet. Denn es iſt klar, daß wenn durch gewiſſe Umſtände die ſcheinbare Entfernung mit der wahren nicht übereinſtimmt, die ſcheinbare Größe der Sache dadurch verändert werden muß; eben ſo wie nach einem Fehlſchluß in Abſicht auf die ſcheinbare Größe die Schätzung der Entfernung anders ausfallen wird.

Tacquet, welcher an dieſen Unterſchied nicht dachte, glaubte daher bewieſen zu haben, daß zwey Linien, z. B. zwey Reihen Bäume, welche dem Anſcheine nach parallel ſind, keine andere, als zwey mit ihren erhabenen Seiten gegen einander gekehrte Hyperbeln ſeyn könnten; und Varignon behauptete, daß eine Allee, welche immer gleiche ſcheinbare Breite behalten ſollte, ſich in der Entfernung immer mehr verengern müßte.

Bouguer bemerkt, daß die Vorſtellung von ſehr großen Entfernungen mit den um ein beträchtliches geringern beynahe einerley iſt. Darum ſtellen wir uns große Entfernungen immer zu klein vor, und deßwegen ſcheint uns der Boden einer Allee ſich immer etwas zu erheben.

Wir halten nämlich die Seheſtrahlen für kürzer, als ſie ſind, und glauben alſo, daß die Stellen, wovon ſie herkommen, höher liegen, als ſie wirklich ſind. Jede große Ebene, wie AB (fig. 71.) ſcheint demnach dem Auge in o ſich nach einer Richtung wie Ab hin zu erſtrecken, und folglich muß man, um ſcheinbar parallele Linien auf der Ebene AB zu ziehen, dergleis

gleichen erst auf der Ebene Ab verzeichnen, und sie von da auf die Ebene AB übertragen.

Die Neigung der scheinbaren Grundfläche Ab gegen die wahre AB zu erfahren, muß man, nach Bouguer, zwey Linien von hinreichender Länge, wozu Schnüre an kleine Stäbe befestigt recht gut sind, unter einem Winkel von 3 bis 4 Grad auf dem Boden ziehen. Darauf stellt sich Jemand innerhalb des Winkels dieser beyden Linien, den Rücken nach dem Winkelpunkt hin gekehrt, und sucht die Stelle, in welcher ihm die Linien parallel vorkommen. Die Linie, welche alsdenn vom Winkelpunkte durch sein Auge geht, wird mit der wahren Grundfläche den gesuchten Winkel dieser Grundfläche mit der scheinbaren machen.

Hierauf giebt Bouguer noch andere geometrische Methoden zur Bestimmung dieses Neigungswinkels an, und saat, daß er ihn vermittelst derselben bisweilen 4 bis 5 Grad, bisweilen nur 2 oder $2\frac{1}{2}$ Grad groß gefunden habe. Der Winkel hängt nämlich von der Art, wie der Grund erleuchtet ist, und von der Stärke der Helligkeit ab; selbst die Farbe hat hiebey einen Einfluß, und außerdem kömmt es noch auf die besondere Einrichtung des Auges an, ob es bey einerley Grade des Lichts mehr oder weniger davon gerührt wird, so wie auch auf die Stelle der Netzhaut, wohin das Bild fällt. Denn wenn er durch eine kleine Bewegung des Kopfes machte, daß das Bild von gewissen Theilen des Bodens, das vorher nach unten zu hinfiel, nunmehr nach oben hin auf der Netzhaut zu liegen kam, so schien ihm diese scheinbare Neigung immer etwas größer zu werden.

Das merkwürdigste aber, was er als zuverläßig behauptet, ist dieses, daß bey einem bergan laufenden Grunde der Unterschied zwischen der scheinbaren und wahren Grundfläche viel beträchtlicher wird, so daß beyde bisweilen einen Winkel von 25 bis 30 Grad mit einander machen können. Dieses hat er sehr oft beobachtet. Berge, sagt er, werden schon unersteiglich, wenn ihre Seitenflächen mit dem Horizonte einen Winkel zwischen 35 und 37 Grad machen, weil man alsdenn nicht anders als mit Hülfe von Steinen und Gesträuchen, die man statt Stufen gebraucht, die Füße darauf zu setzen, daran hinauf klettern kann. In solchen Fällen schätzten sowohl er als seine Reisegefährten die scheinbare Neigung der Seitenflächen auf 60 bis 70 Grad.

Bey einem abhangenden Grunde hingegen wird der Winkel der wahren und scheinbaren Grundfläche zuerst immer kleiner, bis auf einen gewissen Grad des Abhanges, da beyde in einander fallen, so daß parallele Linien, die man auf einer Fläche in dieser Lage zöge, immer parallel zu bleiben scheinen würden. Senkt sich aber der Grund noch tiefer herunter, so wird die Abweichung der scheinbaren Grundfläche von der wahren wieder zu wachsen anfangen, und zwar wird, welches merkwürdig ist, die scheinbare jetzt unter der wahren liegen, so daß die scheinbar parallelen Linien auf letzterer zusammenlaufend werden.

Hieraus zieht er auch Folgen für den Fall, da mehr als eine Ebene zugleich in's Auge fallen. Wenn (fig. 72.) BH die Fronte eines Gebäudes ist, vor welcher das Auge o in der Entfernung AB steht, so wird sie dem Anscheine nach die Entfernung Ab, und die Lage bh bekommen, so daß sie ein wenig gegen

den

den Zuschauer geneigt liegt, es müßte denn die Entfernung gering seyn.

Aus vielen Betrachtungen über diese Materie zieht Bouguer den Schluß, daß eine horizontale Ebene demjenigen, der auf ihr steht, sich nicht eher, als in einer gewissen Entfernung zu erheben scheint. Die scheinbare Fläche hat also daselbst eine Krümmung, deren Gestalt nicht leicht zu bestimmen ist, so daß einer, der auf einer unendlich weit ausgedehnten Ebene stände, in der Mitte eines Becken zu stehen glauben würde. So geht es gewisser Maaßen auch einem, der sich auf gleichem Grunde mit der Fläche der See befindet.

Er schließt mit der Anmerkung, daß es nicht schwer sey, nach diesen Regeln Linien zu ziehen, welche so in's Auge fallen, wie man sie verlangt, außer wenn einige Theile der Aussicht dem Zuschauer nahe, andere sehr weit von ihm sind. Eine gerade Linie, die nahe vor ihm vorbey, unterhalb der Horizontalfläche durch das Auge geht, scheint in diesem Falle in einer gewissen Entfernung vom Auge fast immer merklich gekrümmt, und alle Figuren werden alsdenn sehr verworrenen optischen Verzerrungen unterworfen seyn, worauf man bisher die Regeln der Perspektive noch nicht angewandt hat. Zieht man einen Kreis nahe bey unsern Füßen auf demjenigen Theile der Grundfläche, der uns ganz horizontal zu bleiben scheint, so wird er uns immer wie ein Kreis erscheinen, und in einer weiten Entfernung die Gestalt einer Ellipse haben; allein zwischen diesen beyden Lagen wird er weder wie ein Kreis, noch wie eine Ellipse, sondern ohngefähr wie eine der Ovallinien des Cartesius aussehen, die an dem einen Ende gekrümmter, als an dem andern ist.

Daher kommt es, daß ein Parterre, welches von einem niedrigen Standpunkte verzogen aussieht, von einem Balcon oder sonst einer Anhöhe betrachtet vollkommen regelmäßig erscheint. Die scheinbare Unregelmäßigkeit nimmt nämlich erst in einer größern Entfernung ihren Anfang, und die Theile des Grundes in der Nähe des Zuschauers sind davon befreyet. Wenn (fig. 73.) AB die Grundfläche vorstellt, und Aa die unter dem Auge darauf senkrecht gezogene Linie ist, so wird die Stelle T, wo die Grundfläche nach Tb hin sich zu erheben scheint, desto weiter von dem Auge wegrücken, je höher das Auge o steht.

D. Porterfield a) hat alles, was bey der scheinbaren Bewegung betrachtet werden kann, in folgende Sätze zusammengefaßt:

1. Ein sehr geschwind bewegter Körper wird nicht gesehen, wenn er nicht sehr helle ist. So sieht man eine Kanonenkugel nicht, wenn man ihrer Bahn zur Seite steht; sieht man ihr aber in ihrem Fluge nach, so wird sie sichtbar, weil alsdenn ihr Bild lange auf derselben Stelle der Netzhaut bleibt, und folglich einen lebhaftern Eindruck macht.

2. Eine glühende Kohle, welche geschwind genug im Kreise herum geschwungen wird, verursacht das Ansehen eines Feuerrades, weil die Eindrücke des Lichts, welche in einer zitternden und folglich einige Zeit dauernden Bewegung bestehen, nicht augenblicklich wieder verschwinden, sondern so lange anhalten, bis die Kohle ihren Umlauf vollendet hat und an der ersten Stelle wieder angelangt ist.

3. Wenn zwey ungleich vom Auge entfernte Körper sich gleich geschwind bewegen, so wird der entferntere

a) On the eye. Vol. II. p. 422.

re langsamer zu gehen scheinen; verhalten sich aber re Geschwindigkeiten wie ihre Entfernungen, so sind re scheinbaren Geschwindigkeiten gleich.

4. Wenn zwey ungleich vom Auge entfernte Körer sich ungleich geschwind nach derselben Richtung begen, so ist das Verhältniß ihrer scheinbaren Geschwindigkeiten zusammengesetzt aus dem ordentlichen Verhältnisse ihrer wahren Geschwindigkeit und dem ungekehrten ihrer Entfernungen vom Auge.

5. Ein Körper, wie groß auch seine Geschwindigkeit sey, scheint stille zu stehen, wenn der von ihm einer Sekunde beschriebene Raum in der Entfernung merklich klein ist. Daher kommt es, daß ein naer Körper, welcher sich sehr langsam bewegt, wie der eiger einer Uhr, oder ein entfernter geschwind fortehender Körper, wie die Planeten, stille zu stehen heinen.

6. Ein Körper, der sich mit irgend einer Geschwindigkeit bewegt, scheint zu ruhen, wenn der von m in einer Sekunde beschriebene Raum sich zu seer Entfernung vom Auge verhält wie 1 zu 1400.

7. Wenn das Auge sich in gerader Linie fortbegt, so werden seitwärts nicht zu weit entfernte Genstände nach einer entgegengesetzten Richtung sich zu ewegen scheinen.

8. Wenn das Auge sich gerade fortbewegt, und an sich der Bewegung bewußt ist, so werden entrnte Körper sich nach derselben Richtung mit derelben Geschwindigkeit zu bewegen scheinen. So scheint emanden, der nach Osten hin läuft, der Mond zur echten Hand eben dahin mit gleicher Geschwindigkeit ortzurucken; da wegen der Entfernung des Mondes

ſein Bild immer auf derſelben Stelle der Netzhaut bleibt, weswegen wir uns einbilden, der Mond gehe mit uns fort.

9. Wenn das Auge und der Gegenſtand nach derſelben Richtung ſich bewegen, jenes aber geſchwinder als dieſer, ſo wird dieſer ſich rückwärts zu bewegen ſcheinen.

10. Wenn zwey oder mehrere Gegenſtände ſich mit gleicher Geſchwindigkeit bewegen, und ein anderer ruhet, ſo werden jene zu ruhen, und dieſer ſich zu bewegen ſcheinen. So ſcheinen, wenn Wolken geſchwind laufen, ihre Theile in derſelben Lage zu bleiben, und der Mond nach entgegengeſetzter Richtung zu gehen.

11. Wenn das Auge ſehr geſchwind ſich fortbewegt, ſo werden zur Seite liegende unbewegte Gegenſtände den entgegengeſetzten Weg zu nehmen ſcheinen. So ſcheinen Jemanden, der geſchwind durch einen Wald reitet oder fährt, die Bäume ſich rückwärts zu bewegen, ſo wie das Ufer Jemanden, der in einem Schiffe ſitzt.

Zum Schluſſe dieſer Bemerkungen ſucht Porterfield noch eine Erſcheinung zu erklären, welche zwar bekannt genug, aber doch, ſo viel er wußte, nicht vollkommen in's Licht geſetzt iſt. Wenn ſich nämlich Jemand geſchwind umdreht, ohne von der Stelle zu gehen, ſo werden alle Gegenſtände um ihn herum ſich im Kreiſe gegenſeitig zu drehen ſcheinen, und zwar, welches eben das ſonderbare iſt, auch noch einige Zeit nachher, wenn er ſchon wieder ſtille ſteht.

Wenn wir das Auge für ruhend halten, ſo werden wir den Gegenſtänden die ganze Bewegung zuſchreiben, welche das Auge hat, ob ſie gleich unbewegt ſind;

sind; und wenn wir gleich wissen, daß sich das Auge bewegt, aber nicht glauben, daß es sich bewegt, wie es wirklich thut, so werden wir bloß einen Theil der Bewegung dem Auge, den andern aber den unbewegten Gegenständen zuschreiben. Es bleibt aber noch die Schwierigkeit, warum, wenn das Auge schon wieder ruhet, die Gegenstände dennoch in Bewegung zu bleiben scheinen; da doch die Bilder auf der Netzhaut ihre Gegenstände nicht verändern. Dieses leitet er von einem Irrthume her, den man in Absicht auf das Auge begeht, von welchem man, ungeachtet es völlig zur Ruhe gekommen ist, dennoch glaubt, daß es sich noch nach einer seiner vorigen entgegengesetzten Richtung bewege; darum scheinen die unbewegten Gegenstände sich nach derselben Richtung, welche man dem Auge zuschreibt, zu bewegen, ungeachtet schon das Auge ruhet.

Molineux [b]) legte eine Frage, das Sehen betreffend, vor, welche viel Aufsehen unter den Optikern und Metaphysikern erregt hat. Sie ist diese: ob ein Blindgebohrner, der durch das Gefühl einen Würfel und eine Kugel von einander unterscheiden gelernt hat, beyde durch den bloßen Anblick unterscheiden würde, wenn er sein Gesicht erhielte? Molineux beantwortet diese Frage mit Nein, und Locke tritt dieser Meynung bey, aus dem Grunde, weil die durch das Gesicht und Gefühl erhaltenen Vorstellungen keine natürliche Verbindung mit einander haben, sondern bloß durch eine willkührliche Vergesellschaftung der Begriffe, wie Worte mit den bezeichneten Sachen,

b) Essai concerning human understanding. T. II. ch. 9. §. 8.

Sachen, verknüpft ſind. Allein dagegen erinnert D. Jurin [c]), daß der Blindgeweſene, dem man beyde Körper zeigt, und ſagt, daß einer der Würfel und der andere die Kugel ſey, wofern er anders um ſie rund herum gehen darf, bey genauer Betrachtung finden muß, daß die Kugel das Geſicht von allen Seiten auf einerley Art rührt, wie ſie es beym Anfühlen that; dagegen der Würfel von verſchiedenen Seiten befühlt oder geſehen ſich ſehr verſchieden zeigen muß; daher er alſo im Stande ſeyn müſſe, zu entſcheiden, welches der Würfel, und welches die Kugel ſey.

Dieſe Streitfrage zu entſcheiden, hat man oft einen blindgebornen jungen Menſchen, dem Cheſelden [d]) den Staar geſtochen hatte, angeführt. So lange dieſer junge Menſch blind war, ſo konnte er, wie alle alte Leute, die reife Staare haben, die Farben bey ſtarkem Lichte unterſcheiden. Nachdem ihm aber der Staar geſtochen war, reichten die ſchwachen Begriffe, welche er zuvor von ihnen gehabt hatte, nicht zu, ſie ihm noch kenntlich zu machen, und er hielt ſie daher nicht für dieſelben, welche er zuvor unter dieſem Namen gekannt hatte. Scharlach ſchien ihm unter allen Farben die ſchönſte, und die lebhafteſten unter den übrigen gefielen ihm am beſten. Als er zum erſtenmale Schwarz ſah, war es ihm ſehr zuwider; doch wurde er es bald gewohnt, wiewohl er, da er einige Monate darauf eine Mohrinn ſah, ſehr erſchrak.

Anfänglich, nachdem er ſein Geſicht bekommen hatte, wußte er ſo wenig von Entfernungen zu urtheilen,

c) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 39. 394.

d) Philoſ. Tranſact. n. 402. und Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 40.

en, daß er sich vielmehr einbildete, alle Sachen, die r sähe, berührten seine Augen, wie das, was er ühlte, seine Haut. Keine Sachen waren ihm so an- enehm, als glatte und ordentliche, ob er wohl von rer Gestalt nicht urtheilen und nicht errathen konnte, as ihm an einer Sache gefiel. Er machte sich keinen Begriff von der Gestalt einer Sache, unterschied auch eine Sache von andern, so verschieden sie auch an Gestalt und Größe waren; wenn man ihm aber sagte, as das für Dinge wären, die er zuvor durchs Ge- ihl erkannt hatte, so betrachtete er sie sehr aufmerk- am, um sie wieder zu kennen; weil er aber auf ein- al zu viele Sachen zu lernen hatte, so vergaß er immer ieder viel davon, und lernte, wie er sagte, in einem age tausend Dinge kennen, die er wieder vergesse. r verwunderte sich sehr, daß die Sachen, die ihm ittelst des Gefühls am besten gefallen hatten, nicht uch seinem Gesichte am angenehmsten waren; er hatte rwartet, die Personen, welchen er am meisten gewo- en war, sollten am schönsten aussehen, und was hm am besten schmeckte, würde ihm auch am besten in ie Augen fallen. Man glaubte, er würde bald verste- en lernen, was Gemählde wären, es zeigte sich aber as Gegentheil. Denn zwey Monate, nachdem ihm der Staar gestochen war, machte er plötzlich die Entdek- ung, daß sie Körper, Erhöhungen und Vertiefungen orstellten; bis dahin hatte er sie bloß als buntscheckige lecken angesehen. Dabey aber erstaunte er nicht we- iger, daß sich die Gemählde nicht so anfühlen ließen, ie die Dinge, welche sie vorstellten, und daß die Thei- , welche durch ihr Licht und ihren Schatten rund und neben aussahen, flach, wie die übrigen, anzufühlen waren. Er fragte, welcher von seinen Sinnen ihm äusche, das Gefühl oder das Gesicht.

An-

Anfänglich konnte er wenig Licht vertragen, und hielt alles, was er ſah, für ungemein groß; als er aber größere Sachen ſahe, hielt er jene für kleiner, weil er ſich gar keine Linien außerhalb des Umfanges, den er ſah, vorſtellen konnte. Daß das Zimmer, worin er war, ein Theil des Hauſes ſey, wußte er wohl, er konnte aber nicht ſagen, wie das ganze Haus größer als das Zimmer ausſehe. Ehe ihm der Staar geſtochen wurde, verſprach er ſich wenig Vortheil vom Sehen, welcher ihn zu dieſer Operation hätte reizen können, ausgenommen Leſen und Schreiben; denn, ſagt er, er glaubte doch nicht mehr Vergnügen vom Spatzierengehen im Garten haben zu können, welches er bey ſeiner Blindheit ohne Anſtoß verrichten konnte. Ja die Blindheit hatte ihm auch den Vortheil verſchaft, daß er nachher im Finſtern viel beſſer allenthalben herumgehen konnte, als irgend einer, der ſein Geſicht beſtändig gehabt hatte. Er behielt dieſen Vortheil noch einige Zeit, und verlangte nicht leicht ein Licht, um im Hauſe bey Nacht herum zu gehen. Jede neue Sache, ſagte er, wäre eine neue Ergötzung für ihn, und ſein Vergnügen wäre ſo groß, daß er es nicht auszudrucken vermöchte. Seine Dankbarkeit gegen ſeinen Arzt war außerordentlich. Ein Jahr nachdem er ſeine Augen erhalten hatte, brachte man ihn auf die Dünen zu Epſom, wo er eine weite Ausſicht hatte; dieſe ergötzte ihn ſehr, und war ihm, wie er ſagte, eine neue Art vom Sehen. Als ihm der Staar an dem andern Auge geſtochen ward, kamen ihm, wie er ſagte, die Sachen mit dieſem Auge größer vor, doch nicht ſo groß, als ſie ihm Anfangs mit dem erſten erſchienen. Wenn er einerley Sache mit beyden Augen anſahe, ſo kam ſie ihm etwa noch einmal ſo groß vor,

als mit dem zuerst erhaltenen allein; aber doppelt sahe er nichts, so viel man entdecken konnte.

Cheselden hat noch verschiedene andere zu ihrem Gesichte verholfen, die sich nicht erinnerten, je gesehen zu haben. Sie gaben alle von der Art, wie sie sehen lernten, denselben Bericht, wie jener junge Mensch, nur nicht so umständlich; und hatten alle das gemein, daß sie ihre Augen nicht zu bewegen wußten, weil sie nie Gelegenheit dazu gehabt hatten. Endlich lernten sie es, doch langsam.

Eine merkwürdige Erscheinung, welche Einige von der Beugung des Lichts abgeleitet haben, Melville [e]) aber auf eine ganz andere Art erklärt, ist folgende: Man halte einen undurchsichtigen Körper drey oder vier Zoll vom Auge, so daß man einen Theil eines entferntern hellen Gegenstandes, z. B. eines Fensters, einer Lichtflamme, durch Strahlen sieht, welche nahe bey dem Rande jenes Körpers vorbeygehen, und führe nun von der andern Seite, näher bey dem Auge, einen andern Körper auf jenen zu, so wird der Rand des ersten sich ausdehnen und dem andern entgegen zu kommen scheinen; dabey wird ein Theil des hellen Körpers, den man vorher sahe, dem Auge entzogen werden.

Melville's Erklärung ist diese: Es sey ab (fig. 74.) der helle Gegenstand, auf welchen man die Augen gerichtet hat, cd der entferntere undurchsichtige, gh der nähere Körper, und ef die Weite der Oeffnung des Auges. Man ziehe ed, fd, eg, fg, und verlängere sie an ab in k, n, m und l. Die Theile an, mb des hellen Gegenstandes können also nicht gese-

e) Edinb. essays. Vol. II. p. 55.

geſehen werden. Aber ein Punkt α zwiſchen n und k wird geſehen, da er, wenn man αdδ zieht, den Theil δf der Augenöffnung mit Licht erfüllt. Am hellſten erſcheinen die Punkte von k bis l, weil die Strahlenkegel von ihnen wie ekf, elf das ganze Auge einnehmen. Auf der Seite von l nach m nimmt die Helligkeit eines jeden Punkts eben ſo allmählig ab, wie von k nach n; d. h. die Räume kn, lm werden als trübe, ſchattige Säume zunächſt an den Rändern der undurchſichtigen Körper cd, gh erſcheinen.

Wird nun der Rand g bis an die Linie kf gebracht, ſo fallen die beyden Halbſchatten in eins, und ſobald er die Linie df berührt, fängt ſich die vorher beſchriebene Erſcheinung zu zeigen an, weil er nicht darüber hingehen kann, ohne eine Linie, wie αdδ, von einem Punkte zwiſchen n und k zu treffen, und daher dieſen Punkt zu verdecken. Auf ſolche Art wird bey weiterm Fortrucken ein Punkt nach dem andern, wie β u.ſ. von n nach k zu allmählig verdeckt werden, und daher wird der Rand des unbewegten Körpers cd ſich nach außen hin auszudehnen und den ganzen Raum nk zu verdecken ſcheinen, während daß gh durch ſein Fortrucken den Raum mk verdeckt. Wird gh etwas weiter vom Auge gehalten, ohne den Ort von cd zu ändern, ſo iſt der Raum op, durch den gh gehen muß, um nk zu verdecken, kleiner als vorher, und daher muß, bey einerley Bewegung von gh, die ſcheinbare Ausdehnung von cd geſchwinder erfolgen, welches auch mit der Erfahrung übereinſtimmt.

Iſt ml ein leuchtender Körper, und refq eine davon erleuchtete Fläche, ſo wird der Raum fq ganz im Schatten liegen, und der Raum fe wird von einem Halbſchatten eingenommen ſeyn, der von e nach f

hin

hin allmählig dunkler wird. Man lasse nun gh unbewegt seyn, aber cd sich parallel mit der Ebene ef bewegen; so muß, sobald cd über die Linie lf gekommen ist, der Schatten qf sich auszudehnen scheinen, und wenn cd die Linie me erreicht hat, daß durch dessen Schatten der Raum re bedeckt wird, so wird der Schatten qf sich so weit ausgedehnt haben, daß er fe bedeckt. Alles dieß wird von der Erfahrung bestätigt.

Wenn man ein Geldstück, Petschaft, Siegel u. d. gl. durch Gläser betrachtet, so glaubt man sehr oft, das erhabene Gepräge vertieft, oder die vertieften Figuren des Petschafts erhaben zu sehen. Joblot f) führt dieß schon an, und bemerkt, daß bey fortgesetzter Beobachtung die Erscheinungen des Erhabenen und Vertieften immer abwechseln. P. F. Gmelin g) hat hievon ebenfalls Nachricht ertheilt. Nach vielen Versuchen fand er folgende Ereignisse als unveränderlich. So oft er irgend eine Sache, die sich über einer Fläche erhob, von welcher Farbe sie auch seyn mochte, nur nicht weiß und glänzend, durch das Seherohr so betrachtete, daß sein Auge nebst der Axe des Rohres gerade darauf gerichtet waren, so erschienen die erhabenen Theile vertieft, und die vertieften erhaben. So verhielt es sich, wenn er ein Siegel betrachtete und dabey das Rohr senkrecht hielt, auch das Siegel so stellte, daß es mit seiner Fläche das letzte Glas des Fernrohrs fast ganz einnahm; so verhielt es sich auch mit dem zusammengesetzten Mikroskope. So oft er aber andere senkrecht herabhängende Gegenstände so betrachtete, daß das Seherohr horizontal, und senkrecht

f) Description des plusieurs nouveaux microscopes. 1712.
g) Philos. Transact. 1747.

recht darauf gerichtet war, ſo ereignete ſich dieſes nicht immer; und die Geſtalt der Sache änderte ſich nicht, wenn ſie ſchief, ja ſelbſt horizontal gehalten ward. Endlich entdeckte er ein Mittel, die Sachen immer mit der natürlichen Lage ihrer Theile erſcheinen zu machen, dieſes nämlich, daß er ſeinen Blick nicht gleich auf den Mittelpunkt der Vertiefung, ſondern zuerſt auf ihren Rand richtete, und darauf nach und nach das Ganze überſah. Den Grund dieſer Erſcheinungen wußte er nicht anzugeben. Er liegt darin, daß man das einfallende Licht von der unrechten Seite her annimmt. Denn unſer Urtheil vom Erhabenen und Vertieften richtet ſich nach der Wahrnehmung des Lichts und Schattens; der Schatten auf der Lichtſeite deutet Vertiefung, der auf der Schattenſeite Erhöhung an. Soll alſo der Verſuch gelingen, ſo muß man nicht zugleich ſehen, wo das Licht wirklich herkommt, d. h. man muß den Gegenſtand nicht mit freyem Auge, ſondern durch ein Mikroſkop, oder durch die Röhre mit drey Okularen aus einem Erdrohre u. d. gl. betrachten. Man hat es nicht ganz in ſeiner Gewalt, das Licht auf der Seite, wo man es haben will, anzunehmen; wenn man aber den Blick erſt auf den Rand richtet, und nur allmählig nach der Mitte führt, ſo kann man allezeit bewirken, daß der Gegenſtand wirklich ſo, wie er iſt, erſcheint; vielleicht darum, weil alsdenn das Daſeyn oder der Mangel der Schlagſchatten deutlicher bemerkt, und aus jenem auf Erhabenheit, aus dieſem auf Vertiefung richtig geſchloſſen wird.

Einen andern Geſichtsbetrug führt der P. Abat [b]) an. Wenn man nämlich eine zum Theil mit Waſſer gefüllte Flaſche vor einem Hohlſpiegel ſo hält, daß ſich von

b) Amuſemens philoſ. p. 242.

von ihr ein verkehrtes Bild zeigt, so scheint im Bilde der volle Theil leer, und der leere voll. Er erklärt dieß daraus, daß wir nicht gewohnt sind, Wasser in einem Gefäße oben, und Luft unten zu sehen, daher unser Urtheil so ausfällt, als ob das Wasser unten wäre, wo sich im Spiegel der leere Theil abbildet. Kehrt man die Flasche um, und läßt das Wasser auslaufen, so scheint sich das Bild zu füllen, sobald sie aber leer ist, sieht man auch ihr Bild leer.

Einen besondern Gesichtsbetrug, durch welchen Schwarz sich in Scharlach zu verwandeln scheint, erklärt Beguelin [i]). Durch eine solche Wahrnehmung sind einmahl einige in der Geschichte berühmte Personen in eine große Bestürzung gerathen. Heinrich IV, König von Frankreich, ist es, dem sie begegnet ist, und der, nach des de Thou Bericht, sie hernach in einer Anrede an das Parlament selbst erzählt hat. Er hatte sich mit dem Herzoge von Guise an den Tisch gesetzt, um in Würfel zu spielen, als sich darauf Blutstropfen zeigten, die, ungeachtet sie ein paarmahl abgewischt wurden, doch wieder erschienen, ohne daß man ausfindig machen konnte, woher sie entstanden wären. Voltaire, welcher diese Begebenheit nach dem P. Daniel erzählt, ist mit der Erklärung bald fertig. Der P. Daniel, sagt er, hätte wohl so viel Physik wissen können, daß schwarze Punkte roth aussehen, wenn sie mit den Sonnenstrahlen einen gewissen Winkel machen; davon könne sich ein jeder beym Lesen überzeugen, und so gehe es mit allen Wunderzeichen.

Allein Beguelin hat es auf alle mögliche Art versucht, und es nicht so, wie Voltaire angiebt, finden

i) Nouv. Mémoir. de Berlin. an. 1771. p. 8.

finden können. Zufälliger Weiſe aber fand er einmahl, daß ſich die ſchwarzen Buchſtaben in hellrothe verwandelten, und da hatte er die Sonne, welche niedrig ſtand, im Geſichte, und die Schrift war im Schatten. Er erklärt dieſe Erſcheinung ſo. Die Sonnenſtrahlen, welche durch die faſt geſchloſſenen Augenlieder fallen, erwecken auf der Netzhaut die Empfindung der rothen Farbe; der weiße Raum des Papiers erſcheint inzwiſchen weiß, weil der Eindruck ſtark genug iſt, um die Empfindung der rothen Farbe zu verdrängen; dahingegen die ſchwarzen Buchſtaben, welche ſehr wenig oder gar kein Licht in's Auge ſenden, den Stellen der Netzhaut, wohin ihre Bilder fallen ſollten, die Empfindung der rothen Farbe laſſen. Auf eine ſolche Art mag auch wohl die erſt angeführte Erſcheinung entſtanden ſeyn, wiewohl man, aus Mangel umſtändlicher Nachrichten, eine ganz befriedigende Erklärung zu geben nicht im Stande iſt.

Die Erklärung, welche Hobbes über die ſcheinbaren Geſtalten des Mondes in verſchiedenen Höhen gab, und die ſo lange von den angeſehenſten Phyſikern als wahr angenommen war, wurde von einigen Phyſikern beſtritten. Man glaubte durchgehends, daß es nothwendig ſey, die Gegenſtände, welche den Raum zwiſchen dem Horizonte und dem Auge eintheilen, wirklich durch's Geſicht zu empfinden, wenn man ſich ihn ſo ſehr weit ausgedehnt vorſtellen ſollte, und dieſes Mißverſtändniß erzeugte verſchiedene Einwürfe. So glaubt der Pater Goune die alte Meynung damit umzuſtoßen [k]), weil der Mond längſt der Oberfläche der See hin eben ſo groß am Horizonte erſcheint, da doch hier keine Gegenſtände ſind, welche die Vorſtel-

k) Mémoir. de Paris. 1700.

kellung der größern Entfernung erregen könnten. Auch Molineux [1]) sagt, wenn die gewöhnliche Erklärung ichtig wäre, so könnte man ja zu jeder Zeit, auch venn der Mond im Meridian wäre, seine scheinbare Größe vermehren: man dürfte ihn nur, um den Raum zwischen ihm und dem Auge einzutheilen, über iner Reihe von Schornsteinen, dem Rücken eines Hügels, oder dem Forste eines Hauses betrachten. Er bringt auch den eben angeführten Einwurf des P. Jouye vor, und fügt diesem noch bey, daß selbst alsdenn, wenn alle zwischenliegende Gegenstände dem Gesichte entzogen werden, z. B. wenn man durch eine Röhre den Mond ansieht, der Betrug der Einbildung nicht gehoben wird, weil man sich demungeachtet den Mond so groß wie vorher vorstellt. Darauf sucht er des Hobbes und Gassendi Erklärungen zu widerlegen, giebt aber selbst dafür keine andere an.

Dagegen zeigt Desaguliers, wie sich die Frage von der Gestalt des Mondes im Horizonte sehr wohl beantworten lasse, wenn man annimmt, der Himmel komme uns wie ein kleines Stück einer Kugelfläche vor, weswegen wir den Mond im Horizonte weiter von uns entfernt halten, als wenn er dem Scheitelpunkte nahe ist; er macht auch durch einige sinnreiche Versuche begreiflich, wie leicht wir uns in solchen Fällen täuschen. Er setzte z. B. in Gegenwart einiger Personen zwey gleich große Lichter beträchtlich weit von einander, welche, da die Entfernung deutlich in die Augen fiel, ihnen allen gleich groß aussahen. Während daß er die Zuschauer mit etwas anderm beschäftigte, ließ er das entferntere Licht wegnehmen, und setzte

[1]) Philos. Transf. n. 187.

ſetzte dagegen auf eben der Linie, auf welcher ſie es geſehen hatten, ein anderes viel kleineres, aber den Zuſchauern näher. Dieſe, welche zwar wußten, daß man ein anderes Licht genommen hatte, aber glaubten, daß es auf derſelben Stelle ſtände, wo das erſte geſtanden hatte, thaten immer den Ausſpruch, daß es ſo groß wäre, als das andere. Mit demſelben Erfolge machte er dieſen Verſuch, wenn er elfenbeinerne Kugeln ſtatt der Lichter nahm.

Berkeley m) glaubt, der Mond ſehe im Horizonte größer und entfernter aus, weil er wegen der Dünſte matter leuchte. Auch Euler n) nimmt dieſe Meynung an, und erklärt daraus zugleich die platt gedruckte Geſtalt des Himmels. Dieſe Erklärung des Berkeley hat aber Smith o) widerlegt, und ſeine Gedanken über dieſe Sache etwas ausführlich mitgetheilt. Wäre die Oberfläche der Erde, ſagt er, eine vollkommene Ebene, ſo würde der ſichtbare Theil derſelben ſich nicht viel weiter, als etwa 5000mal die Höhe des Auges über dem Erdboden erſtrecken, das iſt etwa auf 5 engliſche Meilen weit, wenn man die Höhe des Auges zwiſchen 5 und 6 Fuß ſetzt, und alles, was darüber hinaus läge, würde in dem ſichtbaren Horizonte zu liegen ſcheinen. Wenn man ſich alſo jenſeits der Gränze der ſichtbaren Entfernung eine große Mauer aufgeführt vorſtellt, ſo wird dieſe nicht gerade, ſondern kreisrund erſcheinen, als wenn ſie auf dem Umfange des Horizonts ſtände, und wird, wenn ſie ohne Ende fortgeht, vollkommen die Geſtalt eines

m) Eſſay towards a new theory of viſion. Dublin. 1709. 8. ſect. 68.

n) Briefe an eine deutſche Prinzeſſin. Th. III. S. 317 f.

o) Lehrbegriff der Optik. S. 418.

eines Halbkreises bekommen. Wenn nun diese Kreisfläche mit der Mauer darauf in Gedanken in die Höhe gerichtet wird, daß sie senkrecht auf die Horizontalebene zu stehen kömmt, so wird die Mauer wie die Wölbung der Wolken über unserm Haupte aussehen. Wiewohl nun die Mauer, wenn sie auf dem Horizonte steht, einem Halbkreise gleicht, so wird sie dennoch als Gewölbe über unserm Kopfe nicht so, sondern flacher erscheinen, weil die horizontale Ebene eine sichtbare Fläche war, welche die Vorstellung von einerley Entfernung rings herum erregte; da hingegen in der senkrechten Ebene zwischen dem Auge und dem Gewölbe nichts vorhanden ist, was die Vorstellung von gewissen Theilen erwecken könnte. Darum werden die scheinbaren Entfernungen der Theile des Gewölbes in die Höhe hinauf allmählich abnehmen. Ist nun der Himmel ganz mit Wolken von gleicher Schwere bedeckt, so werden sie alle in der Luft in gleichen Höhen über der Erde schweben, und also eine Fläche wie ein großes Gewölbe bilden, die so flach ist, wie die sichtbare Erdfläche. Ihre Höhlung ist also nicht wirklich, sondern nur scheinbar; und wenn die Höhen der Wolken ungleich sind, so kann das Auge, da man von ihrer wahren Gestalt und Größe nichts weiß, selten die ungleichen Entfernungen der Wolken bemerken, die nach derselben Gegend hin erscheinen, sie müßten uns denn sehr nahe seyn, und von entgegengesetzten Winden getrieben werden. In beyden Fällen bleibt also die Gestalt der scheinbaren Fläche des Himmels dieselbe. Ist der Himmel nur zum Theil mit Wolken bedeckt, oder ganz frey davon, so lehrt die Erfahrung, daß wir von der Höhlung desselben noch eben den Begriff haben, als da er völlig bezogen war. Hält jemand die Zurückwerfung des Lichts von der bloßen Luft dazu

für hinreichend, ſo will er ihm dieß nicht ſtreitig machen.

Die Höhlung des Himmels ſcheint dem Auge, das allein die ſcheinbare Geſtalt beurtheilt, ein kleineres Stück einer Kugelfläche, als eine Halbkugel, oder welches daſſelbe iſt: der Mittelpunkt dieſer Wölbung liegt weit unter dem Auge, ſo daß, wie er durch ein Mittel aus mehreren Beobachtungen fand, die ſcheinbare Entfernung der Theile nahe am Horizonte ohngefähr drey bis viermal größer iſt, als die Entfernung der Theile, die ſich über dem Scheitel befinden. Das Mittel, wie er dieſes herausbrachte, war, daß er die wahre Höhe einiger Himmelskörper maaß, wenn ſie ihm in der Mitte zwiſchen dem Horizonte und dem Scheitelpunkte zu ſtehen ſchienen. Alsdenn war ihre Höhe nur 23 Grad. War die Sonne 30 Grad hoch, ſo ſchien der obere Bogen immer kleiner, als der untere, und größer, wenn die Sonne 18 bis 20 Grad hoch ſtand.

Hieraus zieht Smith eine Erklärung der Erſcheinung des Mondes am Horizonte und anderer ähnlicher Ereigniſſe am Himmel. Denn es ſtelle der Bogen (fig. 75.) abc die Hälfte der ſcheinbaren Höhlung des Himmels vor, und der Mond befinde ſich auf dem in o beſchriebenen Viertelskreiſe in einer der abgezeichneten Stellen, immer von derſelben Größe. Die ungleichen Monde auf der Höhlung abc werden von den Sehelinien begrenzt, die von dem Umfange des wahren Mondes in dieſen Höhen in das Auge bey o kommen. Die Durchmeſſer dieſer ungleichen Monde bey a und b verhalten ſich alſo wie die ſcheinbaren Entfernungen oa, ob, und müſſen uns vorkommen, als hätten ſie wirklich das Verhältniß der Stücke, wel-

welche sie auf der scheinbaren Höhlung des Himmels einnehmen, weil wir alle Gegenstände am Himmel an keine andere Stelle, als an diese Höhlung setzen. Es dünkt dem Auge vollkommen so, als wenn verschiedene Monde auf einer wirklichen Fläche abc in den angegebenen Verhältnissen gemalt wären, in welchem Falle es sicherlich die wirklichen Größen der größer gemalten Monde an den niedrigern Theilen der Fläche für größer halten würde, obgleich die sichtbaren Größen aller einerley seyn würden, weil ihre Bilder auf der Netzhaut gleich sind. Die Verhältnisse der scheinbaren Entfernungen oder Durchmesser in verschiedenen Höhen hat Smith in folgender Tafel angegeben. Sie ist aus der Voraussetzung berechnet, daß die beyden Theile der Höhlung ab, bc gleich scheinen, wenn der Winkel aob 23 Grad groß ist.

Höhen der Sonne oder des Mondes in Graden	Scheinbare Durchmesser oder Entfernungen
00 - -	100
15 - -	68
30 - -	50
45 - -	40
60 - -	34
75 - -	31
90 - -	30

Aus eben dem Grunde, führt Smith an, müssen alle andere Gegenstände und Entfernungen der Sterne am Himmel, so gut wie die Sonne und der Mond, in der Nähe des Horizonts größer scheinen, als sie es thun, wenn sie höher stehen, wie es auch aus der Erfahrung ganz wohl bekannt sey. Daraus leitet er noch eine andere Probe her, sich von der Richtigkeit seiner Angabe, wie die scheinbaren Größen des Mon-

des ſich verhalten, zu verſichern. Man ſoll zwey nahe Sterne ausſuchen, in einer ſo großen Höhe als möglich, die ſo weit von einander entfernt ſcheinen, als jene beyde; darauf ſoll man ihre wahre Entfernung von einander, entweder auf der Sternkugel, auf der Karte, oder durch Rechnung ſuchen, ſo werde man finden, daß die Sterne nahe am Horizonte einander viel näher ſind, als man ſie durch Vergleichung mit den höher ſtehenden geſchätzt hatte.

Auch bemerkt er noch, daß wegen dieſer ſcheinbaren Geſtalt der Wölbung des Himmels die farbigen Streifen beyder Regenbogen und ihre Entfernungen von einander unten größer als oben ausſehen. Nach der Schätzung der Breite des innern Regenbogens in zwey verſchiedenen Höhen, die ihm von einem Freunde mitgetheilt wurden, fand er die ſcheinbare Geſtalt des Himmels faſt eben ſo, wie nach den obigen Methoden. Hieraus erklärte er auch, daß ein Hof um die Sonne oder den Mond nicht kreisrund und concentriſch mit dieſen Körpern, ſondern länglicht und eccentriſch ausſieht, ſo daß der längſte Durchmeſſer auf dem Horizonte ſenkrecht ſteht und ſich von dem Monde weiter niederwärts erſtreckt, wie Newton einen ſolchen beſchreibt.

Dieſe Theorie wird ferner durch die Erſcheinungen der Kometenſchweife beſtätigt, welche allemal, was auch ihre wahre Figur, Größe und Lage ſeyn mag, wie ein Bogen an dem ſcheinbaren Himmelsgewölbe ausſehen. Zu mehrerer Beſtätigung führt er noch des Cotes Erklärung eines von ihm geſehenen Meteors an.

Zu dieſer Erklärung der Geſtalt des Mondes im Horizonte iſt noch folgende ähnliche Erſcheinung hinzu-

zuſetzen, da die ſcheinbare Größe mit der ſcheinba
n Entfernung ſich verändert, und doch der Seh
inkel immer derſelbe bleibt. Man klebe eine Oblate
uf ein Kartenblatt, das auf einem Bretchen befeſtigt
t, oder nehme dafür einen andern runden deutlichen
lecken, deſſen Durchmeſſer wenigſtens drey bis vier
ial kleiner iſt, als der Durchmeſſer des Converglaſes,
odurch man es betrachten will. Dieſes Glas werde
on dem Gegenſtande genau um ſeine Brennweite ent
rnt. Man gehe ſo weit zurück, bis die Oblate,
ie man genau dahinter ſieht, die Oeffnung des Gla
es völlig oder faſt auszufüllen ſcheint. Nun ſtelle
an ſich unter dieſer ſcheinbaren Größe und Entfer
ung der Oblate die ſcheinbare Größe und Entfernung
es Mondes im Horizonte vor; und man wird finden,
aß die ſcheinbare Größe der Oblate, ſo wie man ſich
llmählich dem Glaſe wieder nähert, im gleichen Ver
ältniſſe mit ihrer ſcheinbaren Entfernung abnimmt.
Dieſe beyden Erſcheinungen kommen, ſagt er, in
em Umſtande überein, der einzig und allein die ganze
Schwierigkeit bey der Erklärung der Geſtalt des Mon
des ausmacht, nämlich, daß die Sehewinkel, unter
welchen die Oblate und der Mond geſehen werden,
unverändert bleiben. Er konnte auch nicht finden,
daß beyde Erſcheinungen in irgend einem Umſtande
nicht übereinkämen, weil die durch das Linſenglas
kommenden Strahlen das Auge nicht anders rühren,
als wenn ſie gerade durch ein ebenes Glas von einer
gleich dahinter befindlichen zunehmenden oder abneh
menden Oblate gekommen wären.

Gegen die Smith'ſche Erklärung ließe ſich ein
wenden, daß der Mond von der Spitze eines Berges
betrachtet größer ausſehen müßte, als auf der Ebene,

weil man von oben mehr überſieht, welches, wie Smith ſelbſt glaubt, der Erfahrung zuwider ſeyn möchte. Aber, ſagt er, ein jeder Anblick des Mondes und des Horizonts zuſammen kann nicht ſowohl für ſich allein die Vorſtellung einer gewiſſen beſtimmten Größe ihrer Scheibe von neuem hervorbringen; ſondern erweckt in uns vielmehr eine alte eingewurzelte Vorſtellung, die aus einer vielfältigen Betrachtung mancherley Monde und horizontaler Ausſichten entſtanden iſt. Unſer Begriff von der Größe des Mondes im Horizonte iſt alſo ein Mittel aus allen unſern Beobachtungen genommen, und ſitzt in unſerer Seele ſo feſt, daß er durch eine einzelne Beobachtung nicht verändert, ſondern beſtätigt wird. Eben dieß läßt ſich von unſerer Vorſtellung des Mondes in jeder beſondern Höhe ſagen. Dieſe alten Begriffe bleiben uns gegenwärtig, wenn wir auch den Horizont, und ſelbſt den Himmel herum nicht ſehen, z. B. wenn man den Mond durch ein Rohr betrachtet. Wenn es ſich unter vielen Fällen einmal, wiewohl ſelten, zuträgt, daß das Bild des horizontalen Bodens durch gewiſſe Urſachen merklich verändert wird, ſo wird eine ſo ſtark wirkende Urſache unſern alten Begriff von der gewöhnlichen Größe des Mondes verändern, wie man ſich begreiflich machen kann, wenn man den Mond durch ein Brillenglas betrachtet, das man etwas vom Auge bewegt.

Folkes, welchem Smith ſeine Beſtimmung der ſcheinbaren Geſtalt des Himmels mittheilte, erinnerte dabey, daß ihm der Himmel oft wie eine Muſchellinie ausgeſehen hätte, worin Smith ihm auch Beyfall gab, wiewohl er glaubt, daß das Verhältniß der ſcheinbaren Entfernungen nach dem Scheitelpunkte und dem Horizonte hin, und die Art, ſie zu beſtimmen, dadurch nicht merklich verändert werden.

Daß

Daß der Mond dennoch zu verschiedenen Zeiten in eben dem Horizonte von sehr verschiedener Größe und bisweilen außerordentlich groß aussieht, gesteht Smith ein, leitet es aber von einer starken Vergrößerung des Bildes auf der Netzhaut her, welches in der obigen Theorie als unveränderlich angenommen ward. Am besten ließe sich dieß, wie er glaubt, ausmachen, wenn man den Durchmesser des Mondes mittelst eines Mikrometers beobachtete, oder in dessen Ermangelung nur die Zeit mit dem Stande der Wettergläser bemerkte. Denn sollte sich alsdenn zeigen, daß der Mond im Horizonte am größten scheint, wenn er in der Erdnähe ist, in den wärmsten Sommerabenden bey niedrigem Barometerstand, so möchte man, da diese Ursachen nicht mit einander zusammenhingen, und jede das ihrige beyträgt, das Bild zu vergrößern, mit Grunde daraus schließen, daß das große Aussehen des Mondes hauptsächlich der zusammenstimmenden Würkung dieser drey Ursachen zuzuschreiben ist.

Gegen diese Erklärung wendet Klügel p) ein, es erscheine aber doch der Mond in andern Phasen, so viel er wisse, am Horizonte nicht vergrößert, wie er es nach Smith thun müßte. Zweytens werde zwar von allen angenommen, daß der Mond am Horizonte entfernter scheine, als in der Höhe; verschiedene aber, die er um ihre Empfindung befrage, versicherten das Gegentheil, und er möchte ihnen wohl selbst beytreten. Denn wenn gleich der Wolken- oder blaue Lufthimmel wie ein gedrucktes Kugelgewölbe erscheine, so folge doch nicht, daß wir die scheinbaren Größen der Mondsscheibe am Horizonte und im Meridiane nach

p) Priestley's Geschichte der Optik, der Uebersetz. S. 510. f.

nach dem Verhältnisse der scheinbaren Größe der Stellen, welche sie an dem Himmelsgewölbe einnehmen, schätzen, weil wir zwey Monde an diesen Stellen nicht zugleich sehen, und weil es noch nicht ausgemacht sey, daß wir den Mond gerade an das scheinbare Luftgewölbe setzten.

Wenn nicht der zuerst angeführte Grund im Wege stände, so wäre er geneigter, der vom Herrn von Haller q) gegebenen Erklärung beyzutreten, die sich darauf gründet, daß überhaupt Körper in der Höhe kleiner scheinen, als auf der Ebene. Denn er glaube wohl, daß ein Kirchthurmsknopf auf die Erde herunter gebracht größer erscheinen möchte, als er in der Höhe schien. Man habe nämlich auf der Ebene oft Gelegenheit, denselben Körper sowohl nahe, als in der Ferne zu betrachten, und daher präge sich der Seele ein gewisses sinnliches Bild von seiner Größe ein, wie sie es in einer bequemen Entfernung gefaßt habe, so daß wir deßwegen überhaupt die Körper auf der Ebene für viel größer zu halten gewohnt seyn möchten, als sie uns in der Höhe in eben der Entfernung vorkommen würden. Mit der größern scheinbaren Größe verbänden wir zugleich den Begriff der kleinern Entfernung.

Man müßte noch den Versuch machen, sagt er, eine brennende Fackel sowohl in der Dämmerung als bey dunkeler Nacht zu betrachten, um zu sehen, wie ihre scheinbare Größe und Entfernung sich in beyden Fällen verhielten. Wiewohl, wenn es an der Dämmerung läge, der Mond in jeder Phase zur Zeit der Dämmerung größer erscheinen müßte.

Die verschiedenen Meynungen der Naturkündiger über das Schielen hat Jurin r) zu widerlegen gesucht,

q) Physiologia. Tom. V. p. 521.
r) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 395.

gesucht, und es auf folgende Art erklärt. Wenn wir gerade vor uns nach einer entlegenen Sache sehen, so liegt jeder Augapfel in der Mitte der Oeffnung, welche die Augenlieder machen. Sehen wir nach nahen Sachen, so ist die Entfernung beyder Augapfel etwas kleiner; sie bleibt aber doch unverändert, sowohl, wenn wir die Augen schief drehen, als auch wenn wir gerade vor uns hinsehen, und dadurch bleiben die beyden Augenaxen auf denselben Punkt gerichtet, man mag nach einer nahen oder entfernten Sache sehen. Bey Schielenden aber bleibt der Augapfel des unverdrehten Auges in der Mitte der Oeffnung, wie wenn man gerade vor sich sieht, aber der Augapfel des andern wird gewöhnlich nach der Nase hin gezogen; und in dieser kleinern Entfernung bleiben beyde bey allen schiefen Richtungen des Auges, so daß die beyden Axen niemals auf denselben Punkt gerichtet sind, wiewohl die Muskeln in so fern gleichförmig wirken, daß sie beyde Augen zu gleicher Zeit nach einerley Gegend bewegen.

Diesen Gesichtsfehler kann sich ein Kind leicht angewöhnen, wenn man es oft in der Wiege so legt, daß es das Licht oder eine andere glänzende Sache nur mit Einem Auge sehen kann. Ist es auf diese Art zum Schielen verleitet, und durch Gewohnheit darin verstärkt, so fürchtet Jurin, es werde vergeblich seyn, den Fehler durch Röhren oder Schalen mit Löchern, die das Kind vor den Augen tragen muß, abhelfen zu wollen, wie man sonst versucht hat.

Für die wahre Art, das Schielen zu heben, hält er folgende. Wenn das Kind so alt ist, daß es seinen Augen eine gewisse Richtung zu geben versteht, so stelle man das Kind gerade vor sich, lasse es das unverdrehete

hete Auge zuhalten, und sich mit dem andern von ihm ansehen. Findet man die Axe des Auges gerade auf sich gerichtet, so sage man ihm, es solle sich bestreben, das Auge in dieser Lage zu erhalten, und lasse es das andere öffnen. Alsdenn wird man das unverdrehete zwar auf sich gerichtet finden, das fehlerhafte aber wird sich nach der Nase hin drehen. Doch durch Geduld und wiederholte Versuche wird das Kind es allmählich dahin bringen, auch das fehlerhafte Auge in unverwandter Richtung, wenigstens eine kurze Zeit, zu erhalten, nachdem das andere Auge geöffnet ist. Hat man es so weit gebracht, daß es beyde Augenaxen auf einen richten kann, wenn man gerade vor ihm steht, so verändere man seine Stellung, und lasse es erst ein wenig auf die eine Seite, dann auf die andere treten, und eben das wiederholen. Kann es in allen diesen Stellungen beyde Augenaxen vollkommen und leicht auf einen richten, so ist der Fehler gehoben. Ein erwachsener Mensch kann alles dieß für sich allein vermittelst eines Spiegels bewerkstelligen, doch nicht so leicht, als wenn er Jemanden zu Hülfe nimmt; aber je älter er ist, desto mehr Geduld wird er nöthig haben. Jurin versuchte einmahl einen Menschen von neun Jahren auf diese Art vom Schielen zu befreyen, hatte auch Hoffnung eines guten Erfolgs, als dieser die Blattern bekam, und daran starb.

Von Buffon [s]), welcher die Ursach des Schielens noch genauer zu entdecken suchte, fand durch sehr viele darüber angestellte Wahrnehmungen, daß sie in der Ungleichheit der Güte beyder Augen, oder der Grenzen des deutlichen Sehens für beyde liegt. Wenn

s) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1743. p. 329.

Wenn ein Auge, sagt er, viel schwächer als das an-
re ist, so richtet man es nicht nach dem Gegenstan-
, sondern braucht bloß das stärkere Auge, so wie
an sich gewöhnlich des rechten Armes lieber als des
ken bedient. Sind beyde Augen gleich gut, so sieht
an mit beyden deutlicher als mit einem allein, und
ar etwa um ein Dreyzehntheil. Wenn aber z. B. die
ntfernung, in welcher jemand eine kleine Schrift le-
kann, für das schärfere Auge von 8 bis zu 20 Zoll,
d für das schwächere von 8 bis zu 15 Zoll geht, so
gen die Grenzen des deutlichen Sehens für beyde
gen nur um 7 Zoll aus einander, nämlich von 8
zu 15 Zoll, und weil das Bild in dem schärfern Au-
stärker als in dem stumpfern Auge ist, so wird ein
cher mit beyden Augen nicht so deutlich als mit dem
ten Auge allein sehen. Es ist daher kein Wunder,
nn solche Personen das gute vorzüglich brauchen,
d das andere zur Seite kehren.

Indessen behauptet von Buffon keinesweges,
die Ungleichheit der Güte beyder Augen die ein-
e Ursache des Schielens sey. Sie ist, sagt er, nur
Hauptursache, so daß man die andern als zufäl-
in Vergleichung mit ihr ansehen kann, aber doch so
nein, daß bey allen Schielenden, an welchen er
obachtungen gemacht hatte, der Fehler von der Un-
ichheit ihrer Augen herrührte. Die Folgen dieser
sache sind so nothwendig, fährt er fort, daß es
leicht nicht möglich ist, das Schielen zu heben,
n die Ungleichheit der Augen zu groß ist, man
ßte sie denn vermittelst dazu eingerichteter Gläser
nander gleicher machen.

Als von Buffon an verschiedenen Kindern,
che nicht schieleten, die Grenzen des deutlichen Se-

hens

hens unterſuchte, ſo fand er, daß ſie bey weitem nicht ſo nahe oder ſo weit wie erwachſene Perſonen ſehen konnten, daß alſo mit zunehmenden Jahren die Grenzen des deutlichen Sehens nach beyden Seiten hin erweitert werden; und dieſes iſt, ſagt er, eine Urſache, warum Kinder mehr als erwachſene Perſonen ſchielen. Wenn die Ungleichheit der Augen nur $\frac{3}{10}$ oder geringer ſeyn darf, um bey einer kleinen Entfernung der Grenzen des deutlichen Sehens das Schielen zu verurſachen, ſo muß ſie $\frac{3}{8}$ oder noch größer bey einer größern Entfernung der Grenzen ſeyn, um dieſen Fehler hervorzubringen, der deßwegen mit den Jahren abnehmen mag.

Sind die Augen eines Schielenden nicht zu viel unterſchieden, ſo würde, nach ſeiner Meynung, die einfachſte, natürlichſte und ſicherſte Art zu helfen, ſeyn, daß man das gute Auge einige Zeit bedeckt halten ließe. Dadurch würde das verdrehete Auge gezwungen, ſich anzuſtrengen, und ſich ſelbſt gerade nach den Gegenſtänden zu richten, ſo daß dieſe Richtung ihm allmählich ganz natürlich fallen würde. Einige Okuliſten ſollen ſich, wie er gehört hatte, dieſer Art mit gutem Erfolge bedient haben; doch räth er an, ehe man dazu ſchreitet, ſich wegen des Grades der Ungleichheit beyder Augen wohl zu verſichern, weil die Heilart unmöglich gelingen kann, wenn die Ungleichheit zu groß iſt. Dieſen Gedanken fand er auch zu ſeinem Vergnügen durch einen von Allen in deſſen ſynopſi univerſae medicinae angeführten Verſuch beſtätigt.

Die Urſache, daß Schielende gewöhnlich das fehlerhafte Auge nach der Naſe zu drehen, ſucht er darin, daß in dieſer Lage die Richtung der Axe deſſelben ſich ſo viel als möglich von der Richtung des guten

Auges

Auges entfernt, wozu kommt, daß alsdenn die Nase viele Gegenstände verdeckt, die sonst mit dem schlechten Auge würden gesehen werden, weßwegen diese Richtung mit den wenigsten Unbequemlichkeiten verknüpft ist.

Manche Personen, fügt er hinzu, sind nicht eigentlich Schielende, haben aber doch eine falsche Richtung an einem ihrer Augen, die inzwischen nicht so sehr in die Augen fällt, um einen Uebelstand zu machen. Ihre Augäpfel bewegen sich zusammen, aber die Augenaxen bleiben, statt nach Maasgabe der Entfernungen der Sachen gehörig gegen einander geneigt zu seyn, immer etwas zu viel oder zu wenig gegen einander geneigt, oder auch wohl sich immer parallel. Dieser Fehler hat, seiner Meynung nach, oft seinen Grund in der ungleichen Stärke der Augen, und kann, wenn er von einer andern Ursache, als etwa von einer Angewohnheit aus der Wiege her, entsteht, leicht gehoben werden. Ist das schielende Auge nach dem Schlaf gekehrt, so ist, wie er fand, die Ungleichheit der Augen nicht so groß, als in dem Falle, wenn es sich nach der Nase hin hält, und der Fehler rührt mehr von einer schon in der Wiege entstandenen Gewohnheit her; er kann alsdenn gehoben werden, wenn man das gute Auge etwa vierzehn Tage geschlossen hält.

Endlich macht Buffon am Ende seines Aufsatzes die Anmerkung, daß ein schwaches Auge durch Uebung stärker wird, und erzählt, daß verschiedene Personen, deren Schielen er für unheilbar hielt, weil ihre Augen gar zu sehr an Güte unterschieden waren, dadurch, daß sie das gute Auge nur einige Minuten lang bedeckt hielten, und sich also zwangen, das schlechte die kurze Zeit über anzustrengen,

diesem eine solche Verbesserung verschafft hätten, daß sie selbst darüber erstaunt wären, und daß er dem Fehler dieses Auges, nachdem er die Weite, worauf es nach dieser Uebung gerichtet wurde, untersuchte, für heilbar erklärt hätte. Darum müsse man, um von der Möglichkeit der Heilung desto zuverlässiger zu urtheilen, den Schielenden das gute Auge eine Zeitlang bedecken lassen, um dem schlechten dadurch mehr Stärke zu verschaffen.

D. Reid [t]) bemerkt, daß er mehr als zwanzig Schielende untersucht, und bey allen einen Fehler in dem Gesichtsvermögen des einen Auges gefunden habe. Vier von ihnen waren noch mit dem schwachen Auge deutlich zu sehen im Stande, wenn das andere geschlossen war; die übrigen sahen mit dem einen Auge ganz und gar nicht deutlich. Seiner Meynung nach stimmen die Mittelpunkte der Augenaxen der Schielenden eben so gut mit einander überein, wie bey andern Personen, so daß, wenn sie sich nur angewöhnen könnten, ihre Augen gerade auf eine Sache zu richten, sie nicht allein einen Uebelstand, sondern auch ihr Gesichtsvermögen verbessern würden.

Einige Erläuterungen über das Schielen findet man beym Hartley [u]). Die weißen flechsichten Ausbreitungen der vier gerade ziehenden Muskeln reichen bis an die Hornhaut, und sind folglich beym offenen Auge der Wirkung des Lichts sehr ausgesetzt, weil sie bloß von einer dünnen Haut bedeckt werden. Der herziehende und abziehende Muskel sind beyde auf diese Art weit mehr bloß gestellt, als der herausziehende

t) Inquiry into the human mind. p. 257.

u) Observations on Man. Vol. I. p. 215. sqq.

hende und der herunterziehende, auf welche das Licht nicht fallen kann, wenn das Auge nur ein wenig geöffnet ist.

Befindet sich nun rechter Hand ein heller Gegenstand, so daß das Licht insbesondere auf die flechsichte Ausbreitung des abziehenden Muskels des rechten Auges und des herziehenden Muskels des linken fällt, so werden durch die Zusammenziehung der Muskeln beyde Augen sich nach derselben Seite hin, dem Lichte zu, bewegen; und dieß so lange, bis der herziehende und abziehende Muskel in beyden Augen einer so viel Licht empfängt, als der andere, d. i. bis die Augenaxen nach dem hellen Gegenstande hin gerichtet sind.

Hiemit stimmt überein, daß an neugebohrnen Kindern die Augäpfel sich nach derselben Seite hin zu bewegen pflegen, und daß dieses fast immer nach der rechten oder linken Hand hin geschieht, selten aufwärts oder herunterwärts, weil die Augen selten so weit offen sind, daß die flechsichten Ausbreitungen des heraufziehenden und des herunterziehenden Muskels bloß lägen. Ihre Augen kehren sich immer nach hellen Gegenständen, z. B. einem brennenden Lichte, einem Fenster u. d. g. hin.

Weil die schiefziehenden Muskeln keine flechsichte Ausbreitungen haben, die dem Lichte ausgesetzt wären, und auch an der Augkugel weiter nicht hängen, als eben da, wo sie eintreten, so können sie auf die Art, wie hier von den geradeziehenden Muskeln angenommen ist, von außen nichts leiden, sondern sind bloß den vom Gehirne entspringenden Einflüssen unterworfen; die überhaupt, es sey denn bey außerordentlichen Erschütterungen des ganzen Nervensystems,

faſt gleichförmig wirken. Dieſes ſtimmt auch mit der Erfahrung überein, und ſchickt ſich gut zu der Abſicht, die dieſen Muskeln gewöhnlich zugeſchrieben wird, daß ſie nämlich das Auge ſanft hängend erhalten und nur bey gewiſſen beſondern Gelegenheiten hervorziehen ſollen.

Auch die Ereigniſſe, welche bey Kindern das Schielen verurſachen, beſtätigen dieſe Theorie. Z. B. wenn ein Kind in der Wiege ſo liegt, daß Ein Auge verdeckt iſt, ſo fällt die Wirkung des von außen herkommenden Einfluſſes des Lichts weg. Wird dieß oft wiederholt, beſonders ſo lange die Uebereinſtimmung der Bewegungen, vermöge deren eine von der andern erregt wird, noch ſchwach iſt, ſo wird das ſo bedeckte Auge bloß von den Einflüſſen aus dem Gehirne her regiert werden, und ſich meiſtentheils aufwärts und niederwärts bewegen.

Erfindungen und Verbeſſerung optiſcher Werkzeuge.

Die wichtigſte Verbeſſerung optiſcher Werkzeuge in dieſem Zeitraume, welche nach ganz neuen Grundſätzen verfertigt worden ſind, hat man dem berühmten Dollond zu verdanken. Nachdem er ſich überzeugt hatte, daß die Farbenzerſtreuung nach der Brechung in verſchiedenen Mitteln allerdings gehoben werden könne, ſo dachte er nun auf Mittel, durch eine geſchickte Verbindung mehrerer Okulargläſer nicht allein dieſe Abweichung, ſondern auch die von der Geſtalt der Gläſer herrührende Zerſtreuung größtentheils wegzubringen.

Wenn man, ſagt er, den Sehewinkel in einem Fernrohre 20 Grad groß verlangte, ſo müßten die von dem Rande des Geſichtsfeldes herkommenden Strahlen

len unter einem Winkel von 10 Grad gebogen werden, wodurch, wenn man nur Ein Augenglas anwendet, eine Abweichung entsteht, die dem Würfel dieses Winkels proportional ist. Wird aber die Brechung unter zwey Gläser gleich vertheilt, so wird die Abweichung sich wie der Würfel des halben Winkels zweymahl genommen verhalten, oder nur den vierten Theil so groß seyn, als in jenem Falle; und wenn die Abweichung auf drey Gläser vertheilt wird, so wird sie nur den neunten Theil so groß bleiben als vorhin. Daraus erhellet, daß die nach dem Rande des Gesichtsfeldes hin sich äußernde Undeutlichkeit sehr vermindert werden mag, wenn sie gleich nicht gänzlich gehoben werden kann.

Ganz anders verhält es sich mit der Verbesserung der Farbenzerstreuung. Denn da man die Abweichung wegen der Kugelgestalt der Gläser nur bis auf einen gewissen Grad durch Vermehrung der Gläser vermindern kann, so läßt sich die von der verschiedenen Brechbarkeit entstehende durch die Hinzufügung eines einzigen Glases gänzlich heben. So zeigt sich, daß in dem Sternrohre zwey gehörig eingerichtete Okulargläser den Rand der Gegenstände frey von Farben bis ganz an den Umfang des Gesichtsfeldes darstellen werden. Imgleichen lassen sich in dem Erdrohre, in welchem eigentlich nur zwey Okulargläser nöthig sind, durch Hinzufügung eines dritten Glases die Gegenstände aufrecht darstellen, und die Farbenzerstreuung, welche sonst das Bild undeutlich machen würde, gänzlich wegbringen. Doch ist dieß nur mit einiger Einschränkung zu verstehen. Man ist zwar hierdurch im Stande, die ungleichartigen Strahlen, welche an den Rändern der Okulargläser durchgehen, mit einander parallel zu

machen; allein bey Gläſern von großen Brennweiten würden ſie zu weit von einander zu liegen kommen, als daß die Augenöffnung alle parallele Strahlen auffangen könnte. Dadurch wird alſo verurſacht, daß in langen Fernröhren mit drey Okulargläſern nach der gewöhnlichen Art das Geſichtsfeld allemal ſehr klein wird.

Daher ward Dollond veranlaßt, auf Mittel zu denken, wie das Geſichtsfeld durch eine gute Verbindung mehrerer Gläſer vergrößert werden könnte, ohne der Deutlichkeit und Helligkeit des Bildes zu ſchaden, wie auch andere vor ihm ſchon verſucht hatten. Weil er bemerkte, daß einige Fernröhre mit fünf Augengläſern, die man bisher verfertigt hatte, einer fernern Verbeſſerung fähig wären, ſo gab er ſich deßhalb Mühe, und war auch ſo glücklich, daß dergleichen nach ſeiner Art verfertigte Fernröhre von den beſten Kennern für ſehr vorzüglich erklärt wurden.

Dieſer glückliche Erfolg munterte ihn auf, zu verſuchen, wie viel ſich noch durch Hinzufügung eines ſechſten Glaſes das Geſichtsfeld vergrößern ließe, ſo daß die Abweichungen der Strahlen möglichſt gehoben würden, ohne der Deutlichkeit zu nahe zu treten; er erhielt auch zuletzt ein ſo großes Geſichtsfeld, als man es nur verlangen konnte, und dieß ſelbſt in den längſten Fernröhren, die man machen kann.

Da dieſe Fernröhre mit ſechs Gläſern vielen Beyfall fanden, ſo machte er ſeine Erfindungen in einem Briefe an Short bekannt, welcher in der Geſellſchaft am 1. März 1753 vorgeleſen ward x).

Eu-

x) Philoſ. Tranſ. Vol. XLVIII. p. 103.

Euler [y]) theilte in einer Abhandlung Berechnungen über die Verbindungen der Linsen in Fernröhren mit drey Gläsern mit, und untersuchte mit großer Genauigkeit die best möglichste Einrichtung jener Dollond'schen Fernröhre [z]). In einer andern Abhandlung [a]) giebt er die schwersten dioptrischen Formeln zum Theil ohne Beweis.

Außerdem gab man in diesem Zeitraume noch andere Vorschläge, Fernröhre kürzer oder sonst vortheilhafter eingerichtet zu verfertigen, welche aber weiter nicht in Ausübung gekommen sind.

Lambert [b]) zeigt in einer Abhandlung, wie man in Perspektiven mit einem Okulare allein, oder mit einem davor befindlichen dritten Converglase, die Farbenspielung vermeiden könne, ohne daß man nöthig hat, zweyerley Glasarten zu nehmen. Die Möglichkeit hievon läßt sich ohne Rechnung auf diese Art begreiflich machen. Die blauen Strahlen fahren nach der Brechung durch das Objektivglas auf einen nähern Punkt hinter dem Okulare zu, als die rothen. Nun werden sie aber durch das Okular wieder stärker gebrochen, als die rothen, um das virtuelle Bild vor dem Okulare zu machen, und zwar nach der entgegengesetzten Seite hin, als wohin sie vorher gebrochen wurden. Daher muß es wohl möglich seyn, die Einrichtung so zu machen, daß sie nunmehr mit den rothen von Einem Punkte herkommen. Mit einem convexen

y) Mém. de l'Acad. roy. de Berlin. 1757. p. 323. suiv.
z) Miscellan. Taurinens. Vol. III. P. II. p. 92.
a) Mém. de l'Acad. roy. de Berlin. 1757. p. 283. suiv.
b) Sur les lorgnettes achromatiques in den Nouv. mém. de Berlin 1771. p. 338.

veren Glase geht dieß nicht an, weil die zweyte Brechung den Vereinigungspunkt der blauen noch mehr entfernt.

Auch redete man in diesem Zeitraume von sogenannten Nachtfernröhren oder Katzenaugen. Dieß sind ordentliche astronomische Fernröhre, welche zwar wenig vergrößern, aber desto mehr übersehen lassen, und, wegen ihrer großen Oeffnung, Gegenstände, die nicht sehr leuchten, als Kometen, teleskopische Fixsterne, sichtbar machen. Man kann sie auf eine ganz einfache Art einrichten, wenn man dem Objektive eine größere Oeffnung, und dem Okulare eine größere Brennweite, als sonst gewöhnlich, giebt. Lambert c) beschreibt ein solches, welches er zu gebrauchen pflegte. Das Objektiv hat 7 Zoll, das Okular 1 Zoll Brennweite, die Oeffnung des Okulars ist 1 Zoll im Durchmesser; das Objektiv bekommt eine Oeffnung von 8 bis 12 Linien im Durchmesser, jene bey Tage, weil da der Augenstern klein ist, diese bey Nacht. Dieß Werkzeug faßt 6 bis 7 Grad am Himmel, und läßt bey hellen Nächten die Jupiterstrabanten erkennen, wenn sie dem Hauptplaneten nicht zu nahe sind.

De la Lande d) redet von diesen Nachtfernröhren als einer von ihm gemachten Entdeckung. Allein die Sache muß schon länger bekannt gewesen seyn, da schon Huygens in seiner Dioptrik dergleichen Fernröhre beschreibt, die zwey Okulare haben, zwischen welche das Bild des Gegenstandes fällt. Auch kann man zwey Convexgläser zwischen das Objektivglas und das Bild setzen, dergleichen Musschenbroek e) beschrieben und abgebildet hat.

Wäh-

c) Beyträge ꝛc. Th. III. S. 204.
d) Astronomie, §. 1811. der 1ten Ausg.
e) Introd. ad philos. natur. Vol. II. p. 795.

Während der Zeit, da sich Dollond mit Verbesserung der Fernröhre beschäftigte, hatte man die Spiegelteleskope zu einem höhern Grad der Vollkommenheit zu bringen gesucht. So verfertigte Short um 1734 Spiegelteleskope, welche alle andere in London verfertigte übertrafen. Short wohnte damals in Schottland, zog aber nachher nach England. Zuerst machte er seine Spiegel von Glas, einem von Newton gegebenen Rathe zu Folge; allein er fand, daß sie nicht so viel Licht zurücksendeten, als er sich vorgestellt hatte, und fand noch andere große Schwierigkeiten darin, sie vollkommen auszuarbeiten, so daß er sich deßwegen auf die Verbesserung der metallenen Spiegel mit Fleiß legte. Hierin glückte es ihm auch durch die geschickte Krümmung, die er ihnen zu geben wußte, deßwegen er seinen Spiegeln größere Oeffnungen geben konnte, als andere Künstler es zu thun im Stande waren; desgleichen durch die genauere Zusammenpressung der Spiegel u. s. w. Durch einige seiner Teleskope, in welchen der große Spiegel 15 Zoll Brennweite hatte, konnte er und andere die Transactionen auf 500 Fuß weit lesen; und sie sahen einigemal das durch die fünf Trabanten des Saturns zusammen, worüber Maclaurin, welcher diese Nachricht aufgesetzt hat, sich sehr wunderte, bis er fand, daß der ältere Cassini sie bisweilen alle mit einander durch ein 17füßiges dioptrisches Fernrohr gesehen hätte.

Priestley f) bemerkt, daß Short gegen die Cassegrain'schen Spiegelteleskope, nach einer Nachricht von seinem Freunde Michell, diesen Haupteinwurf gemacht habe, daß sie erhabene Sachen, z. B. Hü-

f) Geschichte der Optik durch Klügel. S. 429 f.

Hügel auf dem Monde, hohl, und hohle erhaben darſtellten. Auch habe er ſie nicht für völlig ſo deutlich gehalten als andere Arten; welches aber Michell der geringern Güte der Ausarbeitung zugeſchrieben habe.

In dem Gregorianiſchen Spiegelteleſkop, ſagt Michell, muß der große Spiegel vollkommen paraboliſch, und der kleinere elliptiſch ſeyn, ſo daß der eine von ſeinen Brennpunkten in den Brennpunkt des großen Spiegels, und der andere dahin falle, wo ſich die von dem kleinern zurückgeworfenen Strahlen vereinigen würden, wenn ſie nicht von dem erſten Augenglaſe aufgefangen wären. In den Caſſegrain'ſchen muß der große Spiegel ebenfalls genau paraboliſch, aber der kleinere hyperboliſch ſeyn, und des letztern Brennpunkte müſſen dahin fallen, wo vorher die Brennpunkte des elliptiſchen Spiegels waren. Beyde Spiegel, der elliptiſche und der hyperboliſche, ſind gar wenig von einem paraboliſchen, der zwiſchen ſie fällt, verſchieden.

Wenn nun in einem dieſer Teleſkope einer der beyden Spiegel von den vorgeſchriebenen Formen abweichen ſollte, ſo kann man den daher entſtandenen Fehler durch eine ſchickliche Veränderung an der Form des andern Spiegels abhelfen, und dieß geſchieht in dem Gregorianiſchen Teleſkope, wenn man die Form nach der entgegengeſetzten Seite, und in dem Caſſegrain'ſchen, wenn man ſie nach derſelben Seite hin abweichen läßt. Muß dieſe Veränderung an dem kleinen Spiegel vorgenommen werden, um die Fehler des großen zu verbeſſern, ſo muß ſie ſo viel größer ſeyn, als eine Veränderung, die an dem großen Spiegel vorzunehmen wäre, eine eben ſo große Abweichung des

klei-

einen zu verbessern, so vielmal die Brennweite des roßen Spiegels größer ist, als diejenige des kleinern. Nun ist es aber, wegen der Beschaffenheit der Materialien, und der Art der Arbeit bey Schleifung aller rten von Spiegeln, Linsen u. d. gl. unvermeidlich, aß nicht alle concave Flächen von der sphärischen orm nach der paraboliſchen hin abweichen, oder noch ohl gar darüber hinaus fallen sollten, wie es Mitell aus der Erfahrung fand: hingegen werden nvexe Flächen sich von der sphärischen Figur zu der läche eines länglichten Sphäroids zunächst dessen Pon neigen. Diese Wirkungen werden, wie er behaupn zu können glaubt, mehr oder weniger ohne Ausahme eintreten, weil der Rand der Spiegel, der Linn u. d. gl. sich ein wenig stärker, als die Mitte bschleift.

Folglich liegen die Abweichungen von der sphärihen Form, die aus der Manier, die Spiegel auszuarbeiten, nothwendiger Weise entstehen, in beyden Spieeln des Gregorianischen Teleskops nach derjenigen Seite hin, nach welcher sie liegen müssen, um die Fehr dieser Spiegel, wie man sie in der Theorie voraussetzt, zu verbessern, und sie, wenn die Spiegel groß gerug, aber nicht zu groß sind, vielleicht vollkommen aufheben. Aber in Cassegrains Teleskop liegen sie am einen Spiegel nach der unrechten Seite hin, und enen nur dazu, den Fehler zu verschlimmern, anstatt n zu vermindern oder zu heben. Denn da der kleine Spiegel, wie gesagt, hyperbolisch seyn, und an seim Rande eine geringere Krümmung als an dem Scheitel haben und daselbst außerhalb der Kugel llen sollte, so wird er vielmehr, wegen des stärkern bschleifens, an dem Rande krummer, als an dem

Schei-

Scheitel, ſeyn, und innerhalb der Kugel fallen. Es wird äußerſt ſchwer ſeyn, dieſe Fehler des kleinen Spiegels durch eine Veränderung an der Form des großen zu verbeſſern. Dieſer müßte zu dem Ende an dem Rande eine beträchtlich geringere Krümmung als die paraboliſche haben; und wenn dieſelbe bis zur ſphäriſchen oder noch weiter verkleinert werden müßte, ſo wird es ſo wenig zu erreichen ſtehen, als dem kleinen Spiegel gleich Anfangs die hyperboliſche Geſtalt zu geben.

Daraus, daß Hohlſpiegel gern von der ſphäriſchen Figur zur paraboliſchen oder hyperboliſchen abweichen, ſchließt Michell, es ſey praktiſch möglich, reflektirenden Teleſkopen mit einer Oeffnung von gewiſſer Größe eine größere Deutlichkeit zu geben, als ſie bey einer kleinern Oeffnung haben. Denn wenn bey einem gewiſſen Grade der Abſchleifung an dem Rande die größere Oeffnung paraboliſch bleibt, ſo wird die kleinere dadurch hyperboliſch werden. Nur dann, wenn man die Spiegel genau ſphäriſch annimmt, iſt die Deutlichkeit deſto größer, je kleiner die Oeffnung iſt. Der verſtorbene Short wußte dieß, ſagt er, gar wohl aus der Erfahrung, und machte es ſich ſehr zu Nutze.

Smith [g]) hat ſich die Mühe gegeben, über die Vergrößerung, ſowohl des Newton'ſchen als des Caſſegrain'ſchen Teleſkops, umſtändliche Rechnungen anzuſtellen.

Eine ſchöne Einrichtung eines Aequatorial-Teleſkops haben wir Short'en [h]) zu verdanken. Er nennt es auch ein tragbares Obſervatorium, weil ſolche, die keine Sternwarte haben, mit

g) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 471.
h) Philoſ. Tranſ. abreg. Vol X. p. 156.

mit geringer Mühe ziemlich genaue Beobachtungen damit anstellen können. Es ist ein Teleskop, das mittelst einer sinnreichen mechanischen Vorrichtung auf jeden Grad der Rectascensionen oder Deklinationen gestellt werden kann; so daß man jeden himmlischen Körper, dessen Stelle bekannt ist, ohne Mühe selbst bey Tage finden kann. Weil sich das Fernrohr parallel mit dem Aequator drehen läßt, so kann man jeden Gegenstand am Himmel leicht im Gesicht behalten, oder wieder finden, ohne daß man das Auge zu verrücken nöthig hätte. Mit diesem Werkzeuge sind, wie Short berichtet, die meisten Sterne von der ersten und zweyten Größe, selbst zu Mittage bey hellem Sonnenscheine, gesehen worden, wie auch Merkur, Venus und Jupiter; Saturn aber und Mars sind wegen ihres mattern Lichts so leicht nicht zu erkennen, es müßte denn die Sonne schon ziemlich niedrig stehen.

Aepinus [i]) that den Vorschlag, die Röhren langer Teleskope unter einem rechten Winkel zu biegen, und an dem Winkel einen ebenen Spiegel anzubringen, damit man die Gegenstände um den Scheitelpunkt bequemer beobachten könne, wozu er nähere Anleitung giebt, besonders wie man zu verfahren habe, wenn ein Mikrometer angebracht werden soll.

Auch hat man den Versuch gemacht, bey Mikroskopen Spiegel anzubringen. So gab Robert Baker [k]) eine Vorrichtung an, welche aus einem Hohlspiegel, der statt des Objektivglases dient, und aus einem Augenglase besteht, gegen welches die hohle Fläche des Spiegels gekehrt ist. Das Objekt wird vor dem Spiegel in einer solchen Entfernung gestellt, daß

i) Nov. Commentar. Petrop. Vol. IX. p. 488.
k) Philos. Transs. abreg. Vol. VIII. P. I. p. 120.

daß das davon zurückgeworfene Bild in den Brennpunkt des Augenglases fällt, und durch dieses mittelst paralleler Strahlen betrachtet wird. Diese Art Mikroskope ist aber nicht so bequem zum Gebrauche, als die gewöhnliche; es ist auch nicht anders, als zu sehr kleinen oder durchsichtigen Objekten dienlich, weil wegen ihrer Lage zwischen dem Spiegel und dem Glase zu viel Licht aufgefangen werden würde, wenn sie groß und undurchsichtig wären.

Eine andere Art reflektirender Mikroskope hat Smith [1]) angegeben. Die Einrichtung ist folgende: (fig. 76.) AD ist ein großer Hohlspiegel, und ad ein kleiner Conversspiegel, beyde in der Mitte bey BC und bc durchbohrt. Sie haben beyde einerley Krümmung oder sind aus Schüsseln von gleichen Halbmessern geschliffen, zwey Zoll nämlich, so daß jedes Brennweite genau Einen Zoll beträgt. Sie werden beyde etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll von einander gestellt, daß solchergestalt ein Objekt OPQ, das ein wenig unterhalb des kleinen Spiegels angebracht ist, zwischen dem Brennpunkte F und dem Mittelpunkte E des großen liegt. Unter diesen Umständen werden die von P ausfahrenden Strahlen PA, PD von dem großen Spiegel nach p hin geworfen werden, wo sich das Objekt abbilden würde, wenn der kleine Spiegel nicht die Strahlen auffienge. Weil diese nach einem Punkte p hinzielen, der näher bey dem Spiegel als dessen Brennpunkt f ist, so werden sie nach P hin von diesem vereinigt, und es entsteht daselbst das letzte Bild OPQ, welches durch das Augenglas G von dem Auge in I betrachtet wird.

Dieses Mikroskop, ob es gleich nicht zum Besten ausgearbeitet war, that doch, wie Smith versichert,

1) Lehrbegriff der Optik durch Kästner. S. 448 f.

sichert, fast dieselben Dienste, wie die besten dioptrischen Mikroskope, so daß er nicht zweifelte, es würde diese übertroffen haben, wenn es genau wäre ausgearbeitet worden.

Im Jahr 1738 oder 1739 machte Lieberkühn zwey merkwürdige Erweiterungen in dem Gebrauche der Mikroskope durch die Erfindung des Sonnenmikroskops und des Mikroskops zu undurchsichtigen Gegenständen. Von beyden zeigte er bey seinem Aufenthalte in England in dem Winter von 1739 einen von ihm selbst ausgearbeiteten Apparat verschiedenen Mitgliedern der königlichen Gesellschaft, und einigen optischen Künstlern, vornemlich dem Herrn Cuff, welcher sich viel Mühe gab, diese Erfindung noch weiter zu treiben.

Käst'ner [m]) führt an, er habe die erste Nachricht von Sonnenmikroskopen bey Sam. Reyher, Prof. in Kiel, gefunden [n]), und nach Anführung des Baron von Gleichen, genannt Rußworm [o]) soll Balthasaris zu Erlangen im Jahre 1710 ein Sonnenmikroskop verfertigt haben. Wahrscheinlich ist aber die Erfindung des Balthasaris nichts weiter, als eine gewöhnliche Zauberlaterne, aber durch Sonnenlicht erleuchtet, gewesen. Wolfs angeführter Gedanke, die Zauberlaterne auch als Vergrößerungswerkzeug zu gebrauchen, mag vielleicht dem D. Lieberkühn die Veranlassung zu der Erfindung des Sonnenmikroskops gegeben haben. Die erste Nachricht

m) Anfangsgründe der Dioptrik. 4te Aufl. 1792. §. 108.

n) Mathesis Mosaica. Kil. 1679. p. 171. n. 23.

o) Abhandlung von Sonnenmikroskopen. Nürnb. 1781. 4.

richt hievon giebt Baker p), welcher durch ein solches Instrument die Adern in dem Gekröse eines Frosches bis auf 2 Zoll im Durchmesser vergrößert, und die darin rollenden Blutkügelchen so groß als Pfefferkörner gesehen hatte.

Das Lieberkühn'sche Sonnenmikroskop, so wie es Cuff verfertigte, besteht aus einer Röhre, einem Planspiegel, einem Erleuchtungsglase und einem Wilson'schen Mikroskope. Die Röhre ist von Messing, ohngefähr 2 Zoll weit, und in einer runden Büchse von Mahagonnyholz befestigt, welche in einer viereckten Tafel nach Belieben gedreht werden kann, so daß sich die Röhre ganz bequem in dem Loche eines Fensterladens befestigen läßt, ohne daß anders, als durch sie, etwas Licht in das dunkele Zimmer kommen kann. An der Außenseite der Tafel ist ein Spiegel mittelst eines Gewindes befestigt, der durch einen aus Gelenken zusammengesetzten und durch die Tafel gehenden Stab so gestellt werden kann, daß er die Sonnenstrahlen durch die Röhre in das verfinsterte Zimmer wirft. Am Ende der Röhre, nach außen hin, ist ein Erleuchtungsglas, und an dem andern Ende in's Zimmer hinein ist ein Wilson'sches Taschenmikroskop angeschroben, welches das zu betrachtende Objekt in einem Schieber hält. Weil die Sonnenstrahlen von dem Erleuchtungsglase durch die Röhre auf das Objekt geleitet werden, so entwirft sich von diesem ein deutliches und schönes Bild auf einem Schirme von weißem Papiere, und so sehr vergrößert, als sich niemand, der es nicht gesehen hat, vorstellen kann.

Auch läßt sich dieses Werkzeug sehr leicht mit einer tragbaren Camera obscura verbinden, und das Bild

p) Philos. Transf. Vol. XLI. n. 458. Sept. 1740. p. 508.

Bild auf einer Scheibe von matt geschliffenem Glase oder auf einem Papiere auffangen, wobey die Vorstellung sehr deutlich wird, wenn nur Bild und Auge im Dunkeln stehen. Beschreibungen hievon findet man bey Ledermüller [q]) und Brander [r]).

Das Mikroskop zu undurchsichtigen Gegenständen hilft der Unbequemlichkeit ab, die dunkele Seite dem Auge zugekehrt zu haben. Denn vermittelst eines sehr polirten silbernen Hohlspiegels, in dessen Mittelpunkte das Vergrößerungsglas befindlich ist, wird das Objekt so stark erleuchtet, daß man es sehr bequem und mit Vergnügen untersuchen kann. Einen wohl eingerichteten Apparat, mit vier verschiedenen Spiegeln und Vergrößerungsgläsern von verschiedener Stärke arbeitete Cuff mit vieler Vollkommenheit aus.

Lieberkühn machte an seinem Sonnenmikroskope beträchtliche Verbesserungen, besonders in der Einrichtung desselben zur Betrachtung undurchsichtiger Gegenstände. Aepinus [s]), welcher dieses erzählt, und selbst eine Probe davon mit Vergnügen sahe, konnte sich nicht besinnen, wie die ganze Vorrichtung war. Lieberkühn selbst ward durch den Tod verhindert, seine sinnreiche Methode selbst bekannt zu machen. Indessen ward Aepinus dadurch veranlaßt, der Sache selbst nachzudenken, und kam auf eine wichtige Verbesserung dieses Werkzeugs. Er schlug näm-

q) Nachlese s. mikroskop. Gemüths- und Augenergötzung. Nürnberg 1762. S. 41. u. f.

r) Kurze Beschreibung einer ganz neuen Camerae obscurae und eines Sonnenmikroskops. Augsp. 1769. 8.

s) Emendatio microscopii solaris in Nov. comment. Petrop. Tom. IX. p. 316.

nämlich vor, dem gewöhnlichen Sonnenmikroſkope noch zwey meſſingene Platten (fig. 77.) CA, BA beyzufügen, welche bey A durch ein Gewinde verbunden, und durch die Feder m und Schraube n in der nöthigen Entfernung von einander gehalten werden. Die Sonnenſtrahlen ab, cd würden durch das Erleuchtungsglas auf den Spiegel db hingelenkt, der an der innern Platte BA befeſtigt wäre. Von dieſem würden ſie auf das Objekt ef geworfen, und erleuchteten deſſen Vorderſeite, von welcher ſich dann durch die Linſe k, die in der Platte CA ſtände, und durch eine Oeffnung in der Platte BH, das Bild nach dem Schirme zu entwerfen würde.

Schon vorher hatte Euler t) eine Art angegeben, wie man mittelſt zurückgeworfenen Lichts verſchiedenen Unbequemlichkeiten bey dem Gebrauche der Zauberlaterne und des Sonnenmikroſkops abhelfen könne. Man braucht nur, ſagt er, einen groſſen Hohlſpiegel, der ſo wie in den Teleſkopen in der Mitte durchbohrt iſt, aber man muß das Licht ſo ſtellen, daß keine Strahlen durch die Oeffnung des Spiegels nach dem Schirme hin kommen können. Er ſchlägt vor, vier verſchiedene Maſchinen dieſer Art zu machen, nachdem die Objekte von verſchiedener Größe ſind, eine für ſolche, die ſechs Fuß lang ſind, eine andere für Objekte von Einem Fuß, eine dritte, für ſolche von zwey Zoll, und eine vierte für Objekte von zwey Linien. Eine Vorſtellung dieſer Einrichtung giebt die fig. 78., wo OD den Hohlſpiegel, E das Objekt, l, l die Lichter, und A die Linſe iſt, durch welche die Strahlen nach der Linſe hin fahren.

Auch

t) Emendatio laternae magicae ac microſcopii ſolaris in Nov. Comment. Petrop. Tom. III. p. 363.

Auch Zeiher u) hat verschiedene Verbesserungen in dem Zubehör des Sonnenmikroskops, insofern man dadurch undurchsichtige Gegenstände betrachten will, gemacht. Er giebt zweyerley Einrichtungen an, eine für größere Objekte, eine andere für kleine.

Endlich kam Martin x) bey Gelegenheit, da er zu seinem eigenen Gebrauche ein Sonnenmikroskop von einer größern Art als gewöhnlich verfertigt hatte, auf eine Einrichtung, da mittelst eines noch hinzugefügten Stücks, welches er aber nicht beschreibt, selbst undurchsichtige Objekte sehr deutlich dargestellt wurden. Wenn er aber das Erleuchtungsglas noch breiter machte, so fand er, daß die davon erregte Hitze für die meisten Objekte zu stark war. Sein Werkzeug, sagt er, sey wenig theurer, als das gewöhnliche Sonnenmikroskop.

Die kleinsten Kügelchen, und folglich die stärksten Vergrößerer, welche je gemacht sind, hat Torre aus Neapel verfertigt, welcher im Jahre 1765 vier davon an die königliche Societät nach London überschickte. Das größte dieser Kügelchen hatte nur zwey Pariser Punkte im Durchmesser, und sollte ein Objekt 640 mal im Durchmesser vergrößern. Das zweyte war Ein Pariser Punkt, und das dritte hatte nur $\frac{1}{40}$ Zoll im Durchmesser, und sollte daher 2560 mal vergrößern. Baker y) erhielt von der Societät den

u) Descriptio duplicis microscopii solaris apparatus objectis opacis adaptati in Nov. comment. Petrop. Tom. X. p. 299.

x) Description and use of an opake solar microscope. Lond. 1774. 8.

y) Philosoph. Transact. Vol. LVI. p. 67.

den Auftrag, ſie zu unterſuchen. Dieſer aber urtheilte bey aller ſeiner Geſchicklichkeit in Behandlung der Mikroſkope: daß wenig Augen ſeyn möchten, die durch ſie nicht blind werden würden.

Dadurch, daß man Fernröhre mit ſechs Augengläſern verfertigt hatte, kam Euler z) auf den Gedanken, den Mikroſkopen gleichfalls ſechs Gläſer zu geben, wovon das eine derſelben eine ſo kleine Oeffnung verträgt, daß es, ſtatt einer Blendung, alles fremde Licht abzuhalten dient, ohne, wie er ſagt, das Geſichtsfeld oder die Helligkeit im geringſten zu vermindern.

Der Vollkommenheit dioptriſcher Inſtrumente ſteht gar ſehr im Wege, daß die Maſſe des Glaſes, das man dazu nehmen muß, nicht völlig gleichartig und rein iſt; ein Mangel, den man bisher, aller Bemühung ungeachtet, nicht hat abhelfen können. Merklin a) fand einmal, daß Glas, welches in einer Feuersbrunſt geſchmolzen war, vortrefflich zu Objektivgläſern taugte, und ſchrieb dieſe beſondere Güte dem Umſtande zu, daß es während der Zeit, da es flüſſig geweſen, nicht geſtört worden war. Dieß gab ihm Gelegenheit, folgende Methode vorzuſchlagen. Er füllte Ringe von Sturzblech über die Hälfte mit feuchtem Gießſand, legte darüber eine Schicht feuchten Tripel, druckte hierauf das Glas, das verbeſſert werden ſollte, in dieſe Maſſe, ließ ſie allmählich trocknen, nachdem man das Glas ſanft herausgenommen hatte, ſetzte darauf die Formen mit Stücken gutes Glas, denen er etwa ſchon eine gewiſſe Rundung gegeben hatte, unter eine Muffel in einen beſonders dazu berei-

z) Nov. comment. Petrop. Vol. XII. p. 195.
a) Acta Acad. Caeſar. Vol. IV. p. 507.

bereiteten Ofen, brachte darin das Glas zum Schmelzen, und ließ es in dem Ofen selbst wieder abkühlen, wobey er sorgfältig acht gab, daß das Glas nicht die geringste Erschütterung litte.

Um die Rectascensionen und Deklinationen bequem beobachten zu können erfand Cassini das so genannte astronomische Netz von 45 Graden, welches Zanotti [b]) zuerst beschrieben hat. Die dabey von Bradley angebrachten Verbesserungen beschreibt Smith [c]). Solche Netze bestehen aus unbeweglichen im Brennpunkte des Objektivglases ausgespannten Fäden. Diese Fäden bilden eine Figur, in der eine gewisse Linie jederzeit mit der Richtung der täglichen Bewegung parallel gestellt wird.

An diesen Mikrometern hat von Segner [d]) ein Mittel zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes vorgeschlagen, da er nämlich das Augenglas beweglich macht, oder mehrere Augengläser neben einander stellt. Zwey aber, glaubt er, werden hinreichend seyn; er giebt nähern Unterricht von dem Gebrauche eines solchen Mikrometers zu astronomischen Beobachtungen.

Um die Größe kleiner Gegenstände zu schätzen, wand Jurin [e]) einen feinen Silberdrath so dicht als möglich um eine Nadel, und zählte die Umwindungen in der Länge eines Zolls; dann schnitt er den Drath in kleine Stückchen, und streuete dieselben auf einen Tel-

b) La cometa dell' anno 1749 obſervata nella ſpecula di Bologna.

c) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 318. f.

d) Comment. Gotting. Vol. I. p. 27.

e) Hiſtoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. 1748.

Teller, auf dem die Sache lag, um ihr Bild nach dem Augenmaaße mit dem Bilde der Sache zu vergleichen. So fand er z. B. daß vier Kügelchen im Menſchenblute insgemein die Breite eines Draths bedeckten, von dem 485 Umwindungen auf Einen Zoll gingen. Daher ſetzt er den Durchmeſſer eines Kügelchens $= \frac{1}{1940}$ Zoll.

Eine ſinnreiche Einrichtung des Mikrometers mit zwey Objektivgläſern machten faſt zu gleicher Zeit Servington, Savery und Bouguer. Mit den bisher bekannten Mikrometern hielt es ſchwer, Gegenſtände zu meſſen, welche ſich bewegen, oder zu groß im Geſichtsfelde ſind, ſo daß man damit die Durchmeſſer des Mondes und der Sonne nicht genau beſtimmen konnte. Dieſen Mängeln wurde aber durch dieſe Erfindung abgeholfen.

Es werden nämlich zwey Objektivgläſer von gleichen Brennweiten neben einander ſo geſtellt, daß ein und daſſelbe Augenglas für beyde dient. Solchergeſtalt entſtehen zwey deutliche Bilder des Objekts in dem Brennpunkte des Augenglaſes, und man kann die Entfernung dieſer Bilder, weil ſie ſich nach der Entfernung der Objektivgläſer von einander richtet, ſehr genau meſſen. Nöthig iſt es nicht, daß die ganze Scheibe der Sonne oder des Mondes von dem Geſichtsfelde gefaßt werde; denn wenn nur die Bilder eines kleinen Stücks der Scheibe durch jedes Objektivglas zu ſehen ſind, ſo kann man den ganzen Durchmeſſer der Scheibe leicht aus der Entfernung ihrer Bilder von einander beſtimmen. Iſt das Objekt groß, ſo werden die Bilder ſich einander nähern, ja vielleicht zum Theil in einander rucken. Da die Objektivgläſer beweglich ſind, ſo kann man die beyden Bilder genau

nau mit einander in Berührung bringen, und ihr Durchmesser läßt sich aus der bekannten Entfernung der Mittelpunkte der Gläser berechnen.

Weil dieses Werkzeug in dem Brennpunkte des Okularglases ein Mikrometer für beyde Objektivgläser hat, so läßt sich, wenn die Bilder der Sonne und des Mondes zum Theil einander bedecken, der gemeinschaftliche Theil beyder Bilder mit großer Genauigkeit messen, weil sie auf einem Grunde gesehen werden, der nur um die Hälfte weniger helle ist, als sie selbst; ein sehr vortheilhafter Umstand bey diesem Werkzeuge, da sonst die Himmelskörper auf einem dunkeln Grunde gesehen für größer gehalten werden, als sie wirklich sind. Durch Hinzusetzung einer leichten Vorrichtung ließen sich, glaubt Bouguer, mit diesem Instrumente, wofern es nicht zu lang ist, Winkel von 3 bis 4 Graden messen, welches bey Messung des Abstandes der Fixsterne vom Monde von großer Wichtigkeit ist.

Savery's f) Erfindung ist nicht ganz einerley mit Bouguer's seiner. Jener läßt die Stellung der Objektive ungeändert, und begnügt sich damit, die Unterschiede zwischen den Sonnendurchmessern genau anzugeben, und zwar vermittelst eines gewöhnlichen Mikrometers in den Brennpunkten. Die Sonnenscheibe selbst in großer Schärfe abzumessen, das übersteigt, wie er glaubt, die menschliche Kunst. Eben dieß aber leistet Bouguer dadurch, daß er die Entfernungen der Objektive von einander ändert. Darum, und weil man nicht sieht, daß Bouguer etwas

f) Philos. Transact. Vol. XLVIII. P. I. p. 167. sqq.

was von Savery's Erfindung erfahren habe, verbleibt ihm die völlige Ehre der Erfindung.

Dollond [g]) brachte an dieſer Art Mikrometer eine wichtige Verbeſſerung an, da er ſtatt zweyer ganzer Objektivgläſer bloß ein einziges nahm, welches er in zwey Theile zerſchnitten hatte, die über einander hin geſchoben werden. Jedes dieſer halben Objektivgläſer giebt ein beſonderes und deutliches Bild, und ſie ſind, weil man die Entfernung ihrer beyden Mittelpunkte von einander genau wiſſen kann, eben ſo gut wie zwey ganze Objektivgläſer zu gebrauchen, ja zu einigen Abſichten noch bequemer. Noch umſtändlicher hat Dollond ſeine Gedanken in einem andern Aufſatze [h]) vorgetragen. Er ſchlägt vor, die Länge des Fernrohrs zu verkürzen und hinter den halben Objektiven ein ganzes zu ſetzen. Am vortheilhafteſten, ſagt er, werden die halben Objektive an dem Ende eines reflektirenden Teleſkops angebracht, wo der große Hohlſpiegel ſich gegen ſie ſo verhält, wie dort das ganze Objektiv ſich gegen ſie verhält.

Tobias Mayer [i]) ſchlug vor, ein Glas mit Tuſch zu überſtreichen, und mit einem Federkiele ſo viel wegzunehmen, daß parallele Linien ſtehen blieben.

Das vom Marcheſe Malvaſia zuerſt angegebene Mikrometer verfertigte der Mechanikus Brander in Nürnberg in ſehr großer Vollkommenheit. Statt der Fäden ſchnitt er mit einem Diamant Linien ſo fein in Glas, daß ſie kaum $\frac{1}{200}$ einer Linie breit wurden, und

g) Philoſ. Tranſact. Vol. XLVIII. P. I. p. 178. ſqq.

h) Ibid. p. 558. ſqq.

i) Kosmographiſche Nachrichten und Samml. Wien und Nürnb. 1750. 4. S. I.

und ihre Abstände $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ einer Linie betrugen. Da aber dieser Linien sehr viele sind, so ist man in Gefahr, eine für die andere bey der Beobachtung zu nehmen.

Martin [k]) schlägt ein Mikrometer, wie es an Fernröhren gebraucht wird, auch bey Mikroskopen vor. Es sollen nämlich auf Glas mit einer feinen Diamantspitze eine gewisse Anzahl paralleler Linien $\frac{1}{40}$ Zoll von einander gezogen werden. Das Glas wird in dem Orte des Bildes angebracht. Auch bedient sich Martin einer Schraube.

Brander versahe unter den zwey zusammengesetzten Mikroskopen, die er (Augsburg 1769. 8.) beschrieben hat, das eine mit einem solchen Gitter, das andere mit einem Schraubenmikrometer. Um dadurch Größen der Gegenstände zu bestimmen, muß der Werth der Gitterfächer oder der Schraubenumdrehungen in wahrem Maaße, nebst der Vergrößerung des Instruments bekannt seyn. Weil sich aber die letztere ändert, so oft das Mikroskop anders gestellt wird, so muß sie für jede Stellung besonders bestimmt werden.

Von Buffon kam auch auf den Gedanken, vermittelst einer geschickten Zusammenstellung von mehreren Planspiegeln in der Ferne zu zünden, ohne zu wissen, was Kircher schon vor ihm gethan hatte. Die erste Nachricht von seinen Versuchen hat er in den Mémoir. de Paris 1747. gegeben. Die Maschine bestand aus 168 foliirten ebenen Glasspiegeln, sechs Zoll hoch, acht Zoll breit, deren jeder sich für sich allein bewegen ließ. Im Ganzen war sie 7 Fuß breit und

k) Opticks. p. 277.

und 8 Fuß hoch. Man brauchte etwa eine halbe Stunde Zeit, um die Spiegel auf eine gewiſſe Entfernung zu richten.

Bey dem erſten Verſuche den 23. März 1747. da die Maſchine nicht einmal ganz fertig war, zündete Buffon mit 40 Spiegeln, in der Entfernung von 66 Fuß, ein getheertes buchenes Bret an. Den 4ten Aprill um 11 Uhr Morgens brachte er bey ſchwachem Sonnenſcheine mit 40 Spiegeln, in einer Entfernung von 150 Fuß, eine ſolche Hitze hervor, daß in weniger als zwey Minuten ein getheertes Bret zu rauchen anfieng, und gewiß in Brand gerathen ſeyn würde, wenn ſich nicht die Sonne verborgen hätte. Den 10ten Aprill Nachmittags bey hellem Sonnenſcheine ward ein getheertes tannenes Bret, in einer Entfernung von 150 Fuß, mit 128 Spiegeln faſt augenblicklich angezündet. In einer Entfernung von 20 Fuß ward mit 45 Spiegeln eine große zinnene Flaſche, und mit 117 Spiegeln kleine Stücke Silber geſchmolzen; eine Platte Eiſenblech ward glühend gemacht.

Von Buffon zeigt den vielfachen Nutzen, den ein ſolcher Brennſpiegel hat, z. B. daß man damit von oben herunter zünden und ſchmelzen und daß man ihn zum Maasſtabe der Hitze brauchen kann; außerdem, ſey er das einzige Mittel, in großen Weiten zu zünden.

Die Urſache, warum man mit einem einzigen Brennſpiegel, er mag eine Form beſitzen, welche er wolle, auf große Entfernungen nicht reichen könne, giebt Buffon ganz richtig an. Er ſagt, man muß nicht bloß diejenigen Strahlen betrachten, welche von einem einzigen Punkte der Sonne, etwa ihrem Mittel-

elpunkte, herkommen; sondern weil der Sonnenkör-
er unter einem Winkel von 32 Minuten gesehen wird,
o wird das Bild der Sonne im Brennpunkte des
Spiegels einen Raum einnehmen, dessen Durchmes-
er die Chorde eines Winkels am Spiegel ist. Je
rößer also die Brennweite wird, desto größer wird
uch der Brennraum, welchen die von allen Punkten
er Sonne herkommenden Strahlen nach der Zurück-
verfung einnehmen. Man muß deßwegen, da sie sich
o viel mehr verbreiten, die Fläche des Spiegels in
emselben Verhältnisse vergrößern, in welchem der
Brennraum größer wird. Z. B. der große Brenn-
piegel der Akademie, der 3 Fuß zur Chorde hat, be-
itzt einen Brennraum ohngefähr 4 Linien groß. Wolls
e man einen Brennspiegel verfertigen, der auf 240
Fuß, wo der Brennraum etwa 2 Fuß breit ist, glei-
he Wirkung äußerte, so müßte man ihm 216 Fuß zur
Chorde geben. Jener Brennspiegel schmelzt freylich
Hold; von Buffon verminderte aber seine Breite
urch aufgelegtes Papier bis auf 4 Zoll 8 bis 9 Linien.
Nun konnte er nicht mehr trockenes Holz damit anzün-
en. Gesetzt, der Brennspiegel könne bey einer Breite
on 5 Zoll Holz anzünden, so muß ein Brennspie-
el, der diese Wirkung in einer Entfernung von
250 Fuß äußern sollte, doch noch 30 Fuß breit seyn.
Diese Betrachtungen machten dem Herrn von Buffon
ie Möglichkeit seines Entwurfs, mit mehreren Plan-
spiegeln zu zünden, zweifelhaft. Er bedachte aber,
aß ein größerer Brennraum mehr leisten müßte, als
in kleinerer bey gleicher Dichtigkeit der Strahlen,
veil die Hitze in dem kleinern sich den benachbarten
Theilen der zu schmelzenden oder zu zündenden Sache
nittheilt, welche von dem größern Brennraume zu-

gleich

gleich mit erhitzt würden. Er fand auch ſeine Gedanken durch die Erfahrung beſtätigt.

In einem andern Aufſatze, der in den Mémoir. de Paris von 1748 enthalten iſt, erzählt von Buffon, daß er mit 160 Planſpiegeln Holz auf 200 Fuß angezündet, Zinn auf 150 Fuß, Bley auf 130, und Silber auf 60 Fuß geſchmolzen habe. In den Jahren 1749 und 1750 habe er eine Maſchine von 360 Spiegeln, 4 Zoll im Quadrat, machen laſſen, die aber zu unbehülflich geweſen ſey. Hierauf erwähnt er einiger Entwürfe zu andern Arten großer Brennſpiegel, und die Proben zu ihrer Ausführung. Er hat Spiegelglas rund ſchneiden und in der Mitte durchbohren laſſen, und es darauf durch eine Schraube gekrümmt. Nach mehrmaliger Wiederhohlung des Verſuchs ſind ihm aber doch ſeine beſten Gläſer geſprungen. Er ſchlägt daher eine Anſtalt vor, ſie durch den Druck der Luft zu krümmen. Weil er durch Erfahrung gefunden hätte, daß foltirte Glasplatten, wenn ſie recht wohl polirt ſind, mehr Licht zurückwerfen, als metallene Spiegel, deren Zuſammenſetzung und Politur noch ſo gut iſt, ſo, ſagt er, habe er auf Mittel gedacht, groſſen Glasplatten eine Krümmung zu geben, und endlich einen Ofen erfunden, in welchem er dieß bewerkſtelligen könne. Darauf redet er von großen Brennglaſern, die aus zwey ſolchen großen gekrümmten Glasplatten zuſammengeſetzt, und in der Mitte Waſſer enthalten ſollten. Weil man in Frankreich dem Glaſe weder die Dicke, noch die Durchſichtigkeit zu geben wiſſe, die man ihm in Deutſchland zu geben verſtehe, ſo habe er die Mittel zu beyden geſucht und gefunden, und arbeite an einem Linſenglaſe, 26 Zoll breit, 3 Zoll dick und 5 Fuß Brennweite. Endlich lehrt er

eine

eine Methode, die Dicke der Linsen zu vermindern, ohne ihre Breite und Brennweite merklich zu verändern.

Der Marquis von Courtivron [l]) bemühte sich, über die Wirkung der Buffon'schen Maschine, in Vergleichung mit einem sphärischen Spiegel, eine Berechnung anzustellen; und fand, daß die Menge des Lichts, welche von dem letztern zurückgeworfen wird, sich zu der Menge des Lichts, welche eine gleich große Oberfläche der erstern auf dieselbe Stelle wirft, sich wie 314 zu $247\frac{1}{2}$ verhält, oder daß die Wirkung des Planspiegels ohngefähr um $\frac{2}{9}$ kleiner ist, als die des sphärischen.

Höse verfertigte verschiedene Spiegel, erst einige kleinere, alsdenn welche von 2 Ellen, einen von $2\frac{1}{2}$, und einen von 4 Ellen in der Höhe. Die Brennweiten waren nach der Ordnung 20, 22, 48 Zoll. In Ansehung der Geschwindigkeit der Wirkung übertreffen die Hösischen Spiegel die Tschirnhausischen. Höse hat selbst eine Nachricht von seinen paraboliſchen Brennspiegeln (Dresden 1755.) herausgegeben.

D. Hoffmanns [m]), welcher mit den Hösischen Spiegeln Versuche angestellt hat, behauptet noch im Jahre 1768, daß Archimedes sich zur Entzündung der Römischen Flotte eben solcher Spiegel bedient haben könnte. Denn eine Parabel, deren Parameter 2000 Fuß sey, könne leicht gezeichnet werden, und es wäre ja wohl möglich, daß die von einem solchen Spiegel zurückgeworfenen Strahlen von einem Linsenglase nach ihrer Vereinigung aufgefangen und parallel auf jede

l) Mémoir. de Paris. an. 1747.

m) Hamburg. Magazin. B. 5. S. 269. B. 14. S. 563. B. 16. S. 313.

jede beliebige Weite fortgeſchickt werden könnten, wies wohl man doch auf den Umſtand, daß das Glas ſchmelzbar ſey, Acht haben müſſe n).

Zeiher o) ſuchte beſonders in der Abſicht Brennſpiegel zu verfertigen, ſie wohlfeiler zu machen, ſo daß faſt jeder Naturforſcher ſie in ſeiner Privatſamm lung haben könnte. Er wollte zuerſt Kirchers Entwurf ausführen, ehe er erfuhr, was Buffon durch eine Verbindung mehrerer Planſpiegel geleiſtet hatte. Darauf machte er ein nach Newton's Art eingerichtetes und verbeſſertes Inſtrument, das aus mehreren Hohlſpiegeln beſtand, die er, zur Erſparung der Koſten, aus ebenen Glasplatten bereitete, indem er dieſe auf metallene Schüſſeln legte, und ſie ſo heiß machte, daß ſie dieſelbe Geſtalt mit dieſen annahmen.

Richmann p) ſtellte allerhand Verſuche an, das Verhältniß der Hitze, welche Brennſpiegel in verſchiedenen Entfernungen von ihrem Brennpunkte hervorbringen, zu erfahren, und ſie mit der natürlichen Wärme des Sonnenlichts zu vergleichen; er konnte aber nichts beſtimmtes herausbringen. Dabey giebt er einen andern Weg an, welcher beſſer glücken ſollte; allein es findet ſich nicht, daß er je ſeinen Entwurf ausgeführt hätte.

Martin q) beſchreibt unter dem Nahmen Graphical Perſpective ein optiſches Werkzeug, welches aus einer Röhre mit zwey Linſengläſern von gleicher Brennweite beſteht, die um das doppelte ihrer Brennweite von einander abſtehen, und in deren gemein-

n) Philoſ. Tranſact. Vol. LIX. p. 4.
o) Nov. comment. Petropol. Vol. VII. p. 237.
p) Nov. comment. Petropol. Vol. III. p. 340.
q) Opticks. p. 288.

meinschaftlichem Brennpunkte ein anderes Glas sich befindet, welches mit der Spitze eines Diamants in gleiche Vierecke eingetheilt ist. Ungeachtet also dieses Werkzeug keine Vergrößerung verschafft, so dient es doch dazu, den Winkel, unter welchem eine Sache gesehen wird, auf eine leichte Art zu erfahren. Da dieser Winkel sich nach der Entfernung der Sache richtet, so kann man mittelst dieses Werkzeugs unzugängliche Entfernungen und Höhen messen; und weil das Gesichtsfeld in gleiche Vierecke getheilt ist, so dient es, die Ansichten der Gegenstände aufzunehmen. Da überdem alles fremde Licht durch die Röhre abgehalten wird, so giebt es Gemählden, welche dadurch betrachtet werden, eine schöne Erhabenheit, so daß theils dieser Ursache wegen, und theils, weil sich die Objekte darin verkehrt entwerfen, die Bilder in einem dunkeln Zimmer sich dadurch besonders schön ausnehmen. Nimmt man ein Linsenglas von größerer Brennweite zum Vorderglase, so verwandelt sich dieß Werkzeug in ein Fernrohr, wodurch Kupferstiche vergrößert erscheinen; nimmt man ein kleineres, so hat man ein Mikroskop, und beydemal läßt sich dasselbe Mikrometer gebrauchen.

Lambert r) fiel bey Gelegenheit seiner Untersuchungen über die Sprachrohre auf den Gedanken, ein ähnliches Werkzeug für das Licht, wie für den Schall zu erfinden. Seine Erfindung besteht in einer Erleuchtungsröhre von weißem wohl polirten Bleche in Form eines abgekürzten Kegels. Zum Versuche nahm er eine solche Röhre, die 10 Zoll lang, an dem einen Ende $2\frac{5}{6}$ Zoll, an dem andern $4\frac{1}{4}$ Linie weit war. Mit

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Berlin. 1770. p. 51.

Mit dieſer konnte er mittelſt der Sonnenſtrahlen eine Lunte, welche er in die kleine Oeffnung hielt, in zwey Minuten in Brand bringen. Als er ſie mit der kleinen Oeffnung vor eine Lichtflamme brachte, warf ſie das Licht ſo weit, daß er 40 bis 45 Fuß davon leſen konnte. Die Höhe des abgeſchnittenen Kegels muß dem Halbmeſſer der größern Oeffnung des Kegelſtücks gleich ſeyn; die Axe des abgekürzten Kegels kann 5 Zoll werden, und ſo wird die Axe des ganzen Kegels $7\frac{1}{3}$ Zoll, alſo der Durchmeſſer der größern Oeffnung $4\frac{2}{3}$ Zoll. Die unterſte Seite des Kegelſtücks macht mit der zu erleuchtenden Fläche am beſten einen Winkel von 45 Grad, und die obere Oeffnung wird ſenkrecht abgeſchnitten, wenn dieſe Fläche horizontal iſt. Das Blech ſo zu ſchneiden, daß der Schnitt, wenn es zuſammengefügt wird, eine ſenkrechte Ellipſe macht, lehrt Lambert durch eine geometriſche Conſtruktion. Eine ſolche Erleuchtungsröhre hatte er an eine Lampe angebracht, welche im weſentlichen mit den gewöhnlichen übereinkommt. Die Erleuchtung iſt ſehr bequem und gleichförmig; die Lampe wird zur Seite geſetzt. Lambert ſetzt die Lichtflamme 12 bis 13 Zoll hoch, und 2 Fuß vom Papier am Ende des Tiſches. Auf ſolche Art erhält er über den ganzen 5 Fuß langen Tiſch ein ſehr gutes und gleichförmiges Licht. Man kann eine ſolche Lampe ſehr gut brauchen, um im Bette auf 5 bis 8 Fuß weit davon zu leſen. Als er aus einem Fenſter, das 15 Fuß hoch über der Gaſſe war, die Gaſſe erleuchtete, konnte man in der Weite von 60 Fuß jeden Strohhalm erkennen, und in einer Weite von 35 bis 40 Fuß leſen.

Licht der leuchtenden Körper.

Ueber den Bononischen Leuchtstein haben um das Jahr 1728 Galeatius und Zanottus s), Sekretair des Instituts zu Bologna, mehrere Untersuchungen angestellt. Sie fanden, daß unter einem luftleeren Recipienten der Leuchtstein etwas weniger Licht einsauge und es nicht so lange behalte, wie in der atmosphärischen Luft. Zugleich kam Zanottus auf den Gedanken, daß vielleicht dieser Streit dienen könne, den Streit zu entscheiden, welcher damals zwischen den Newtonianern und Cartesianern über die Natur des Lichts sehr lebhaft geführt ward; wie auch die Frage zu beantworten, ob das Licht des Leuchtsteins fremdes von ihm eingesogenes, oder sein eigenes wäre, welches durch Einwirkung von fremdem Lichte nur in Thätigkeit gesetzt worden. Sie hielten also, im Beyseyn des Algarotti, eines großen Anhängers Newton's, einige ihrer besten Stücke in verschiedentlich gefärbtes Licht, welches durch ein Prisma in einem dunkeln Zimmer hervorgebracht war; allein ob sie gleich einige sehr schöne Prismen aus England bekommen hatten, so konnten sie doch keinen irgend merklichen Unterschied wahrnehmen, von welcher Farbe auch das Licht gewesen war, in welches sie den Leuchtstein gehalten hatten. Die Erleuchtung war auf diese Art immer schwach. Auch betrachteten sie den leuchtenden Bologneser Stein durch ein Prisma, sie konnten aber keinen Unterschied der Farbe daran wahrnehmen. Es war, als wenn sie durch ein Prisma auf schwach glühende Kohlen sähen.

Ueberhaupt macht Zanottus, welcher die Nachricht aufgesetzt hat, den Schluß, daß beyde Hypothe-

s) Comment. Bonon. Vol. VI. p. 205.

potheſen ſich mit den Verſuchen vertragen. Daß aber der Leuchtſtein durch ſein eigenes Licht glänze, welches durch das von außen auffallende in Thätigkeit verſetzt worden, hält er für ausgemacht, weil der Leuchtſtein bloß leuchtet, ohne die Farbe des Lichts, in welches er gehalten wird, anzunehmen. Dagegen hat Beccari aus Turin beobachtet, daß Stücke künſtlichen Phosphors, welche den Bononiſchen calcinirten Stein weit übertrafen, wenn ſie in Röhren eingeſchloſſen wurden, in welche das Licht durch gefärbtes Glas fiel, eben dieſe Farbe zeigten. Auf dieſe Art wird auch der Phosphor von jeder beſondern Gattung des Lichts weit ſtärker erleuchtet, als es in dem prismatiſchen Sonnenbilde möglich war. Dieß ſcheint demnach die Meynung, daß der Phosphor daſſelbe Licht, welches er empfängt, und kein anders, von ſich gebe, außer Streit zu ſetzen, mithin auch zu beweiſen, daß das Licht wirklich aus körperlichen Theilchen beſtehe, weil es eingeſogen, zurückgehalten und wieder von ſich gegeben werden kann.

Außer dem Bononiſchen Leuchtſtein, dem Balduiniſchen Phosphor und einem kalkartigen Körper zu Bern hatte man bis zum Jahr 1730 keinen Körper weiter gekannt, welcher im Dunkeln leuchtete, nachdem er zuvor im Feuer, oder im Lichte gelegen hatte. Allein in dieſem Jahre entdeckte du Fay t) eben dieſe Eigenſchaft an allen Körpern, welche entweder durchs Feuer allein, oder nachdem ſie vorher in Salpeterſäure aufgelößt waren, ſich in Kalk verwandeln ließen. Auf dieſe Entdeckungen kam er, als er mit einigen Edelſteinen, zu andern Abſichten, Verſuche anſtellte. Hier bemerkte er, daß der gemeine Topas

t) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1730.

s durch die Calcination alle Eigenschaften des Bo-
nischen Phosphors bekam; und darauf fand er sie
ch im hohen Grade an Belemniten, Gyps, Kalk-
in und Marmor. Einige sehr harte Körper dieser
rt mußte er vorher in Säuren auflösen, ehe sie durch
e Calcination phosphoresciren sollten; und mit ei-
gen Arten wollte es ihm selbst auf diese Art nicht
lingen, insbesondere mit Kiesel, Flußsand, Jas-
s, Achat und Bergkrystall.

Ueberdem entdeckte du Fay [n]) im Jahr 1734
ch, daß einige Diamanten, ein Smaragd und man-
andere Edelsteine diese Eigenschaft, ohne irgend
e chemische Preparation, besaßen. Doch konnte er
ne Regel finden, die Diamanten, welche diese Ei-
nschaften besaßen, von denjenigen, welche sie nicht
ten, zu unterscheiden. Unter andern Versuchen
d er, daß beyde Gattungen, nachdem sie stark
itzt waren, unverändert blieben. Als du Fay
e Eigenschaften an den Diamanten entdeckte,
lte er auch sehen, ob sie durch die Erhitzung leuch-
d gemacht würden, und legte sie, bloß in der Ab-
t sie zu erwärmen, in die Sonne. Bey dieser
legenheit verwunderte er sich, daß Boyle und
ere, unter den mancherley Arten Diamanten zu er-
n, nicht auf diese von ihm gebrauchte gefallen wä-
, wodurch sie ohne Zweifel auf die Eigenschaft des
schluckens des Lichts würden geführt worden seyn.

Ferner bemerkte du Fay, daß alle diese Phos-
ren ihre Kraft verloren, wenn sie lange Zeit dem
eslichte ausgesetzt blieben; daß aber auch einige ihre
Schön-

n) Mémoir. de l'Acad. roy. des scient. de Paris, an. 1735.

Schönheit ziemlich lange behielten, wenn ſie gleich in Waſſer getaucht waren; daß einige, plötzlich in Waſſer getaucht, einen beſonders ſtarken Glanz bekamen, während ſie im Waſſer aufgelöſt und dadurch erhitzt wurden, wiewohl dieß nur ſehr kurze Zeit dauerte. Auch beobachtete er, daß einige ſeiner Diamanten ihren Glanz behielten, nachdem er ſie 6 Stunden in ſchwarzem Wachſe eingewickelt gehabt hatte. Die Urſache des unter dieſen Umſtänden entſtandenen Glanzes, welchen du Fay nicht zu erklären wußte, ſoll weiter unten angeführt werden. Außer dem gemeinen Waſſer verſuchte er auch, welche andere Flüſſigkeiten dieſen Phosphoren die Eigenſchaft, das Licht in ſich zu ziehen, benehmen könnten; er brachte aber ſeine Verſuche darüber nicht zu Ende.

Daß einige Diamanten die Eigenſchaft des Bononiſchen Leuchtſteins beſitzen, ward auch von Beccari x), faſt zu gleicher Zeit mit du Fay, entdeckt. Eine Wöchnerinn, welche er beſuchte und deren Zimmer ziemlich dunkel war, bemerkte, daß der Diamant, den er in einem Ringe am Finger trug, ungewöhnlich ſtark glänzte. Dieß gab ihm Veranlaſſung, denſelben genau zu unterſuchen, worauf er fand, daß er wirklich die Eigenſchaft, das Licht einzuziehen und wieder von ſich zu geben, hatte. Hievon ertheilte er der Akademie des Inſtituts zu Bologna Nachricht im November 1734.

Als Beccari auf dieſe Art zufällig gefunden hatte, daß dieſer Diamant ein wahrer natürlicher Phosphor war, ſo gab er ſich Mühe, alle Arten Kör-

x) Commentar. Bonon. Vol. II. p. 276. und *Becc ii* Comment. p. 44 ſqq.

Körper zu untersuchen, und erfand zu dem Ende ein ragbares Cabinet, in welchem er sich selbst völlig im Dunkeln halten, und ohne Zeitverlust jeden Körper, nachdem er ihn dem Sonnenlichte ausgesetzt hatte, sogleich betrachten konnte. So fand er, daß fast jede Sache in der Natur mehr oder weniger Licht in sich iehet, und wieder von sich giebt. Sehr mühsam vertheilte er die Körper in Klassen, nachdem sie mit oder hne Vorbereitung phosphoresciren. Fast alle Subanzen aus dem Pflanzen- und Thierreiche, nachdem e vollkommen getrocknet waren, hatten diese Eigenhaft, und Papier in einem sehr hohen Grade.

Zu den merkwürdigern Beobachtungen des Beccari [y]), welche er in der Folge mit noch mehrerer Sorgfalt als zum erstenmale machte, die er auch in ner zweyten Sammlung, einige Jahre nach der Erheinung seiner ersten Schrift von dieser Materie, ns Licht stellte, gehören diese. In seinen ersten Verichen ward das Gelbe vom Ey, nachdem es vollkomen trocken geworden war, sehr leicht ein Phosphor, das Weiße vom Ey aber gar nicht. Dieser Umstand hatte n sehr verlegen gemacht, wiewohl es doch scheint, ß er in der Folge, nach erlangter größerer Fertigkeit Beobachten, gefunden haben muß, daß es etwas eniges Licht in sich ziehe, weil er es in seinen letzten usnahmen nicht mit anführt. Alle Erdarten, selbst e schwarze und rothe, womit es ihm zuerst nicht ücken wollte, nicht ausgenommen, waren phosphoscirend. Unter hundert Achaten ward keiner, ausnommen ein einziger und dazu sehr schwarzer, genden, der nicht in einem gewissen Grade ein natürlicher

y) *Beccarii* comment. p. 52 sqq.

cher Phosphor war. Dieſer aber wollte, ſelbſt von einem Brennſpiegel, kein Licht in ſich ziehen. Metallen und Waſſer konnte er nicht den geringſten Grad von Licht mittheilen, ein Umſtand, welcher genauer unterſucht zu werden verdient, weil beyde Körper die Eigenſchaft beſitzen, die Elektricität zu leiten. Ueberdem fand er, daß ſehr wenige Erze phosphoreſcirend ſind; auch Vitriole nicht, als nur in dem allergeringſten Grade. An Oelen fand er zwar dieſe Eigenſchaft, doch nur ſchwach. Die Haut verſchiedener lebendiger Thiere hielten das Licht offenbar an ſich, bisweilen ſeine eigenen Finger. Bey einer ſehr kalten Witterung glänzte ſeine Hand ungewöhnlich ſtark.

Als er die Umſtände näher unterſuchte, welche dem Phosphoreſciren entgegen ſind, fand er, daß, obgleich das Waſſer keinen Glanz einſaugen wollte, dennoch Eis, und beſonders Schnee, es außerordentlich ſtark that. Er machte drey Kuchen von Thon, deren einen er ziemlich hart buck, den zweyten feucht erhielt, und den dritten frieren ließ, worauf er fand, daß der erſte und letzte, beſonders aber der erſte, das Licht in großer Menge in ſich zog.

Auch der deutſche Chemiker Marggraf z) beſchäftigte ſich mit dieſem Gegenſtande. Er fand, daß bey der Calcinirung des Bononiſchen Steins die Berührung der brennenden Materien und der freye Zutritt der Luft nothwendig ſind. Er giebt ein Verzeichniß aller Körper, die er in Deutſchland finden konnte, welche durch die Calcination die Eigenſchaft des Bononiſchen Steins erhalten; und ſchließt aus der mit ihnen vorgenommenen Analyſe, daß ſie alle eine Vitriolſäure, mit einer kalkartigen oder alkaliſchen Erde verbun-

z) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. 1749. p. 56.

unden, enthalten. Ueberdem fand er sowohl in dem Bononischen Steine, als auch in allen übrigen Körern, welche mit demselben gleiche Erscheinungen besitzen, beynahe $\frac{1}{6}$ einer Thonerde; bloße Kalkerde mit Vitriolsäuren verbunden gab ein viel schwächeres, ganz weißes, dem Mondlichte ähnliches Licht.

Canton[a]) kam auf eine Methode, einen Phosphor zu verfertigen, der unter allen am leichtesten und wohlfeilsten zu bereiten ist. Man brennt nämlich gemeine Austerschaalen in einem starken Kohlenfeuer eine halbe Stunde lang zu Kalk, wovon der reinste Theil pülvert und durchgesiebt wird. Drey Theile von diesem Pulver und Ein Theil Schwefelblumen werden in einen Schmelztiegel fest gestampft, und eine Stunde lang im Feuer rothglühend erhalten. Wenn die Masse abgekühlt ist, stößt man sie heraus, zerbricht sie, und schabt die glänzendsten Stücke zu einem weißen Pulver, das sich in einer trockenen Glasphiole mit eingeschliffenem Stöpsel aufbewahren läßt.

Ein wenig von diesem Phosphor giebt, wenn gleich in ein dunkeles Zimmer gebracht wird nachdem er vorher ein Paar Sekunden außen vor einem Fenster in das gewöhnliche Tageslicht gehalten ist, so viel Schein, daß man dabey die Zeit auf einer Uhr erkennen kann, wofern man die Augen vorher drey oder drey Minuten geschlossen gehabt hat, oder im Dunkeln gewesen ist.

Vermittelst dieses Phosphors kann man die Himmelskörper, z. B. den Saturn mit seinem Ringe, die Monds-

a) An easy method of making a Phosphorus &c. in Philos. Transact. Vol. LVIII. übers. im Hamb. Magazin. B. XI.

Mondsphaſen u. d. g. ſehr wohl darſtellen, wenn man die Figuren derſelben in Holz ausſchneidet, und darauf mit Phosphor überlegt. Dieſe Figuren werden in der Nacht, durch den Blitz von einem nahen Schlage einer elektriſirten Flaſche, eben ſo ſtark leuchtend gemacht, als durch das Tageslicht.

Mit dieſem Phosphor machte Canton viele Verſuche, welche viel zur Erklärung dieſer beſondern Eigenſchaften der Körper beytragen. Durch einige derſelben wird Lemery's Behauptung, daß der Phosphor, wenn er dem Sonnenlichte lange ausgeſetzt bleibt, entkräftet werde, umgeſtoßen. Denn er that in zwey Glaskugeln etwas von dieſem Phosphor, verſchloß ſie hermetiſch, und ſtellte die eine vor ein nach Süden gelegenes Fenſter, daß ſie den Sonnenſtrahlen recht ſtark ausgeſetzt ſeyn möchte, und ließ ſie daſelbſt vom 25ſten Dec. 1764 bis zum 25ſten Dec. 1765. Die andere Kugel verwahrte er eben ſo lange an einem dunkeln Orte. Nachher trug er beyde in's Licht, darauf in ein dunkeles Zimmer, und der Phosphor ſchien in beyden gleich helle. Canton glaubt daher, daß das, was Lemery dem Sonnenlichte zugeſchrieben hat, durch die Feuchtigkeit der Luft veranlaßt ſey.

Feuchtigkeit vertrug dieſer Phosphor nicht. Da etwas von demſelben in eine Glaskugel mit ſo viel Waſſer gethan ward, daß es ſich dadurch an die innere Fläche derſelben anhing, und hierauf die Kugel hermetiſch zugeſiegelt ward, ſo fand ſich, daß er ſeine Eigenſchaft, das Licht in ſich zu ziehen und wieder von ſich zu geben, allmählig verlor; im Sommer aber doch geſchwinder, als im Winter, ſo daß man nach dem Ende des erſten Jahres nicht den geringſten Schein daran wahrnehmen konnte, wenn man

ihn

n selbst aus dem stärksten Tageslichte in ein verfin-
rtes Zimmer brachte. Auch die weiße Farbe desse
n verlor sich allmählig und verwandelte sich in ei
e sehr schwarze, besonders auf der Seite nach dem
Blase zu. Etwas von diesem Phosphor, das man
it gemeinem Weingeist an die inwendige Fläche ei
er hermetisch verschlossenen Glaskugel anklebend ge
acht hatte, fand man nach Verlaufe eines Jahres
n wenig geschwächt; aber denjenigen, den man mit
ethergeiste anklebend gemacht hatte, fand man ganz
ngeändert.

Die Berührung des Weingeistes that dem Phos
hor mehr Schaden, als die des Aethers; denn da er ein
enig Phosphor mit viel Weingeist vermischt in eine
Glaskugel und mit Aether in eine andere gethan, und
eyde hermetisch sigillirt hatte, so sahen beyde Flüs
igkeiten, wenn die Glaskugeln geschüttelt wurden,
ie Milch aus; doch setzte sich der Phosphor, wenn
an mit der Bewegung aufhörte, bald auf den Grund,
nd der Weingeist sowohl als der Aether wurden wie
er klar. Nach einigen Monaten hatte sich der Wein
eist gelb gefärbt, der Aether aber blieb unverändert
is zum December 1768, da diese Nachricht der kö
iglichen Gesellschaft vorgelesen ward. Wurden die
Kugeln dem Lichte ausgesetzt und dabey geschüttelt,
o leuchtete die Flüssigkeit in jeder, nachdem man sie
n's Dunkle gebracht hatte, und zwar der Aether eben
so stark, als zuerst, der Weingeist aber etwas we
niger.

Die Hitze scheint gleichsam das Licht, welches in
diesen Phosphoren noch zurück geblieben ist, vollends
auszutreiben.

Menzel, welcher gleich nach der Erfindung des Baldiniſchen Phosphors ſchrieb, verglich ihn mit dem Bononiſchen, und behauptete, daß er die Eigenſchaft habe, bloß durch die Hitze leuchtend zu werden; auch du Fay beobachtete, wie bereits angeführt worden, daß ſein Diamant noch leuchtete, nachdem er lange Zeit in ſchwarzem Wachſe eingehüllt geweſen war. Den Grund hievon entdeckten Beccari, Margraf und Canton, ohne etwas von einander zu wiſſen.

Beccari, welcher ſich, wie du Fay, Mühe gab, das Licht in ſeinem phosphoreſcirenden Diamant gefangen zu halten, bemerkte zufälliger Weiſe, daß das darin enthaltene Licht durch die Hitze heraus getrieben würde, beſonders wenn der Stein vorher ſehr erkältet geworden war. Er ließ einen erleuchteten Diamant zwey Tage in kaltem Waſſer liegen, und fand, als er ihn darauf in den Mund nahm, daß er dadurch wieder eben ſo gut glänzte, als damals, da er in's Waſſer gelegt ward. Gleich darauf tauchte er ihn wieder in's Waſſer, und ſein Licht erloſch; es kehrte wieder, da er noch einmal den Stein in den Mund nahm, und ihn erwärmte. Dieſen Verſuch wiederholte er ſo vielmal, bis kein Licht weiter entſtehen wollte, ſo ſehr er auch den Diamant erhitzen mochte. Zuerſt glaubte Beccari mit Menzel'n, daß dieſes Licht durch die Hitze hervorgebracht würde. Weil er aber durch mehrere Verſuche fand, daß, ohne den Phosphor in's Licht gehalten zu haben, die Hitze keine Wirkung that, und daß durch die Hitze die Phosphoren viel mehr zu glänzen aufhörten, als ſie ſonſt würden gethan haben, ſo gab er dieſe Meynung auf. Unter andern entſcheidenden Verſuchen füllte er eine Glasröhre

öhre mit gestoßenem Bononischen Phosphor, setzte ie dem Lichte aus, hielt sie darauf zur Hälfte in varmes Wasser, und beobachtete, daß diese Hälfte ärker glänzte, als derjenige Theil, welcher in freyer uft war; wogegen aber dieser letztere noch lange Zeit einen Glanz behielt, nachdem der in's Wasser ge- auchte Theil ihn schon lange verlohren hatte [b]).

Dieselbe Beobachtung machte auch Marg- graf [c]), verfiel aber dabey in denselben Irrthum mit Beccari, daß er meinte, durch Hitze könne der Phos- phor leuchtend gemacht werden. Doch verbesserte er diesen seinen Irrthum in einem spätern Aufsatze [d]), weil er wahrnahm, daß der Phosphor nicht zum Leuchten gebracht werden konnte, ungeachtet er ihn auf einen heißen Ofen gelegt hatte, wofern er nicht vorher zwey bis drey Tage in's Licht gebracht worden war. Ueberhaupt ist es ihm wahrscheinlich, daß das Licht durch die Anziehung in den Phosphor komme, und durch die Hitze wieder herausgetrieben werde; denn er bemerkte auch, daß das Licht desselben, wenn er lange auf dem heißen Ofen gelassen wird, sich am Ende gänzlich ver- liert.

Canton [e]) scheint von Beccari's und Marg- graf's Beobachtungen nichts gewußt zu haben, da er dieselbe Entdeckung mit ihnen machte. Die seini- ge ist zwar später; aber weil seine Versuche umständli- cher, und mit einer bessern Art Phosphor angestellt sind, so ist es der Mühe werth, sie ausführlich zu erzählen. Aus vielen Versuchen mit seinem Phosphor fand

b) Comment. Bonon. Vol. II. p. 284.

c) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. 1749. p. 70.

d) Ibid. 1750. p. 160.

e) Philos. Transact. Vol. LVIII. p. 340.

fand er, daß er, wenn er das Licht in ſich geſogen und alles wieder von ſich gegeben hatte, noch mehr Licht von ſich gäbe, wenn man ihn auf irgend eine Art erhitzte; daß er aber bey demſelben fortdauernden Grade der Hitze nur eine gewiſſe Zeitlang zu glänzen im Stande wäre. Daraus folgert er, daß das Licht und die Theilchen der natürlichen Körper ſich einander ſehr ſtark anziehen, und daß die ſtarken von der Hitze ihnen mitgetheilten Schwingungen ſie gleichſam nöthigen, ſich einander los zu laſſen. Daß das Licht, welches dieſer Phosphor giebt, wenn er bis zu einem gewiſſen Grade erhitzt wird, von fremden aufgenommenen Theilchen, die er wieder fortſtößt, und nicht von ſeinen eigenen herrühren, folgert er daher, weil das Licht abnimmt und gänzlich aufhört, noch ehe der Phosphor heiß genug wird, um von ſelbſt zu ſcheinen, oder Lichttheilchen aus ſeinem eigenen Körper zu ſenden.

Er hielt ſeinen Phosphor, den er trocken in eine hermetiſch verſchloſſene Glaskugel gethan hatte, gegen das Tageslicht außen vor einem nach Norden gelegenen Fenſter etwa eine halbe Minute lang, verwahrte ihn im Dunkeln etwa $2\frac{1}{2}$ Tage, worauf er leuchtete, als man die Kugel in ein Gefäß mit kochendem Waſſer tauchte. Den folgenden Morgen ward er wieder gegen das Licht gehalten, und gab, nachdem er $4\frac{1}{2}$ Tage im Dunkeln aufbewahrt war und darauf in kochendes Waſſer gebracht ward, zwar Licht von ſich, aber nicht ſo viel, wie vorher. Im Sommer fand er, daß die Hitze des kochenden Waſſers den Phosphor nach 15 Tagen nicht mehr zum Leuchten bringen konnte, dagegen ſich im Winter noch nach einem Monate einiges Licht zeigte.

Es wurden Stücke Phosphor, in zwey solche Glaskugeln gethan, zu gleicher Zeit auf denselben Grad erleuchtet, und darauf in ein dunkeles Zimmer gebracht, wo eine von den beyden Kugeln sogleich in kochendes Wasser getaucht wurde. Der hierin enthaltene Phosphor ward dadurch viel heller, als der in der andern Kugel, und blieb es eine kurze Zeit, verlor aber sein Licht so geschwind, daß er in weniger als 10 Minuten gar nicht mehr leuchtete. Dagegen behielt der andere Phosphor ein ziemlich starkes Licht, und blieb länger als 2 Stunden nachher noch sichtbar; alsdenn aber konnte man noch bloß durch die Wärme der Hand sein Licht merklich vermehren.

Nach Lemery und Musschenbroek soll der Bononische Phosphor weniger Licht einsaugen, wenn er heiß, als wenn er kalt ist, weil er alsdenn in ein dunkeles Zimmer gebracht nicht so helle scheint. Canton bemerkt aber, daß dieß daher rühren könne, weil er in dem erstern Zustande das eingesogene Licht geschwinder fahren läßt, als in dem andern. Denn er müsse während der Zeit, daß er von dem Orte, wo er das Licht in sich gesogen, an einen zur Beobachtung hinlänglich dunkeln Ort gebracht wird, mehr Licht verlieren, wenn er heiß, als wenn er kalt ist. Auch sey dieß vermuthlich die Ursache, warum der Bononische Phosphor nie so helle scheine, wenn er von den gerade auffallenden Strahlen der Sonne erleuchtet und folglich erwärmt wird, als wenn er bloß in einem schattigen offenen Orte dem gewöhnlichen Tageslichte ausgesetzt gewesen ist. Die beyden Kugeln dieses Versuchs wurden nachher 2 Tage lang im Dunkeln aufbewahrt, und darauf jede in einem dunkeln Zimmer zugleich in kochendes Wasser gehalten; worauf

auf der Phosphor, welcher das erſtemal ſein Licht in dem kochenden Waſſer verloren hatte, nicht mehr leuchtete, der andere aber dieß noch eine ziemliche Zeit that.

Wenn der Phosphor von dem in ſich gezogenen Lichte ſo viel verloren hatte, als durch die Hitze des kochenden Waſſers ausgetrieben werden konnte, ſo wollte er nachher bey dieſem Grade der Hitze nie wieder leuchten. Ward er aber wieder in das gewöhnliche Tageslicht gehalten, ſo ließ ſich der Verſuch mit demſelben Erfolge wie vorher wiederholen. Dieß hat Canton mit einigen trockenen Phosphoren, welche in gläſernen zugeſchmolzenen Kugeln verwahrt waren, oft gethan, ohne daß es ihnen im geringſten geſchadet hätte.

Man mache das eine Ende einer eiſernen etwa 1 Zoll im Quadrate dicken Stange glühend heiß, lege ſie in einem dunkeln Zimmer horizontal hin, und laſſe ſie abkühlen, ſo lange, bis ſie zu ſcheinen aufhört oder kaum mehr ſichtbar iſt. Alsdenn bringe man ein wenig trockenen Phosphor, der in einer zugeſchmolzenen Kugel dem Lichte ausgeſetzt geweſen iſt, ſo nahe an das Eiſen als möglich, daß die Kugel es berührt; ſo wird der Phosphor, wie er ſagt, wenn er auch gleich vorher nicht ſichtbar war, doch in wenig Sekunden zu leuchten anfangen, und ſein Licht ſo geſchwind von ſich geben, daß er in weniger als Eine Minute völlig erſchöpft iſt, und durch dieſes Verfahren nicht mehr leuchtend gemacht werden kann, wenn er nicht vorher wieder dem Lichte ausgeſetzt wird. Auch wird durch dieſe Hitze Licht, welches der Phosphor von einer Lichtflamme, oder ſelbſt vom Monde erhalten hat, einige Tage nachher noch ſichtbar ſeyn; und wenn er durch die Hitze des kochenden Waſſers nicht mehr zum Leuchten gebracht werden konnte,

te, so brachte ihn die Hitze des Eisens dazu. Durch diese gab auch noch Phosphor, welcher länger als 6 Monate im Dunkeln aufbewahrt war, eine beträchtliche Lichtmenge von sich.

Aus einigen Versuchen, bey welchen die Farbe und der innere Bau einiger Körper verändert wird, wenn sie dem Lichte ausgesetzt waren, scheint die Körperlichkeit des Lichts zu erhellen. Die erste Beobachtung dieser Art scheint du Hamel gemacht zu haben. Dieser fand nämlich, daß der Saft eines gewissen Schalfisches in der Provence eine schöne Purpurfarbe annahm, wenn er in das Sonnenlicht gehalten ward, und daß die Farbe desto lebhafter ward, je größere Intensität das Licht hatte. Stücke Zeugs, welche in diese Flüssigkeit getaucht und in die Sonne gelegt waren, wurden roth, wenn man sie gleich in einem Glase eingeschlossen hatte; aber sie wurden in demselben Lichte nicht roth, wenn sie mit dem dünnsten metallenen Bleche bedeckt waren. Ward die Feuchtigkeit in gläserne Gefäße, die mit geöltem Papiere bedeckt waren, gethan, so ward sie gefärbt, besonders wenn das Papier selbst eine violette Farbe hatte; sie blieb ohne Farbe, wenn das Papier trocken gelassen war.

Nachher beobachtete auch Beccari [f]), daß eine Masse Hornsilber, welche in die Sonnenstrahlen gelegt ward, eine violette Farbe annahm, da eine andere ganz gleichartige Masse, die mit schwarzem Papier bedeckt war, weiß blieb.

Beccari scheint nicht gewußt zu haben, welcher Bestandtheil in dieser Masse die Veränderung ver-

ur-

f) Cōmment. Bonon. Vol. IV. p. 75.

urſacht habe; einige Beobachtungen von Schulze g) aber beweiſen, daß es das Silber geweſen ſeyn müſſe. Dieſer hatte nämlich Scheidewaſſer, worin etwas ſehr weniges Silber aufgelöſt war, auf etwas Kreide, um den Balduin'ſchen Phosphor zu machen, gegoſſen, und zufälliger Weiſe dieſe Arbeit an einem Fenſter, in welches die Sonne ſtark hinein ſchien, vorgenommen. Zu ſeiner Verwunderung veränderte ſich die Farbe der Oberfläche der Maſſe in eine in's violet fallende dunkelrothe, während der im Schatten liegende Theil dieſe Farbe gar nicht annahm. Hierauf brachte er die Maſſe, mit noch mehr Scheidewaſſer angefeuchtet, in ein Glas, ſetzte dieß in das Sonnenlicht, und fand, daß es auf der nach der Sonne gerichteten Seite gleichfalls eine dunkelrothe in's Blaue fallende Farbe annahm. Aus verſchiedenen Veränderungen, die er mit dieſem Verſuche vornahm, fand er ſogleich, daß dieſe Wirkung nicht von der Hitze, ſondern vom Lichte entſtand. Denn, als er einen feinen Faden an dem Glaſe, nach der Seite der Sonne, herunter zog, ward die Farbe der von dem Faden bedeckten Stelle nicht verändert, ungeachtet das Glas einige Stunden in der ſtärkſten Sonnenhitze geſtanden hatte. Er bedeckte das ganze Glas mit Papier, auf welchem er Buchſtaben ausgeſchnitten hatte, worauf in kurzer Zeit die Schrift, nachdem das Papier weggenommen war, auf dem kreidigten Bodenſatze deutlich zu leſen war. Dieſes, ſagt er, war ein artiger Verſuch, den manche, die den Kunſtgriff nicht wußten, vergebens zu erklären verſuchten.

Die Urſache dieſer Erſcheinung liegt, wie er bemerkte, weder an dem Scheidewaſſer, noch an der Krei-

g) Acta Academ. Caeſar. Vol. I. p. 528. ſqq.

Kreide, sondern an dem wenigen Silber, das in dem Scheidewasser von ohngefähr aufgelöst gewesen war. Denn als er den stärksten Salpetergeist und das gewöhnliche Scheidewasser brauchte, erfolgte keine Veränderung der Farbe. Als er aber etwas Silber in dem Scheidewasser auflösete, und die Auflösung mit Wasser schwächte und sie auf die Kreide goß, so fiel die Veränderung weit mehr in die Augen, und desto mehr, je mehr Silber er genommen hatte. Er fand auch, daß diese Solution ohne Kreide in einem offenen Gefäße von dem Sonnenlichte eine schwärzliche Farbe annahm. Anstatt der Kreide könne man auch, meint er, einen andern weißen Körper, z. B. gebranntes Hirschhorn, Magnesia u. d. g. gebrauchen. Auch mit Bleyweiß gelang es ihm, welches aber seine Unbequemlichkeiten hatte. Zuletzt erinnert er, daß man hievon vielleicht Gebrauch zur Probirung der Erze auf Silber machen könne.

Die Beobachtung des du Hamel, und die, welche Beccari selbst von der Veränderung der Farbe an dem Hornsilber gemacht hatte, brachten den letztern in einer Unterredung, welche er mit einigen Mitgliedern der Bononischen Akademie von der Aufbewahrung der Blumen hatte, auf den Gedanken, ihnen eine Vorsichtsregel, in Absicht auf das Licht, bey ihren Versuchen zu empfehlen. Diesem zu Folge machte G. Bonzi [h]) einige Versuche, welche ziemlich deutlich zu beweisen scheinen, daß manche Farben von dem Lichte, ohne daß Hitze oder sonst etwas sich darin mische, beträchtlich verändert werden. Wie er eine Anzahl verschiedentlich gefärbter Bänder einige Tage lang

h) Comment. Bonon. Vol. VI. p. 77. sqq.

lang den Sonnenſtrahlen in freyer Luft ausgeſetzt hatte, fand er, daß das rothe, dunkelgrüne und blaue ihren Glanz zum Theil verloren hatten; daß das violette ſo ſehr verbleicht war, daß es nicht mehr zu erkennen geweſen wäre, wenn man es vorher nicht bezeichnet gehabt hätte. Das roſenfarbige war auch faſt verſchwunden, allein das gelbe und hellgrüne hatten nicht gelitten.

Er brachte Stücke von denſelben Bändern in einem dunkeln Zimmer in eine weit größere Hitze, als jene geweſen war; die Farben aber veränderten ſich nicht, und verloren nur etwas von ihrem Glanze. Auch litten ſie keine merkliche Veränderung, da man ſie eine lange Zeit in einem gegen Norden gelegenen Zimmer hatte liegen laſſen, außer daß die Roſenfarbe matter geworden war.

Daß die Luft zu dieſer Veränderung der Farbe nichts beytrug, ward daraus klar, daß ſie in einem luftleeren Recipienten eben ſo gut vor ſich ging, wie vorher, wenn man ihn gegen die Lichtſtrahlen ſtellte. Allein durch das Licht von Fackeln, wenn er es auch durch ſehr breite Linſengläſer in einen Brennpunkt vereinigte, konnte er keine Veränderung bewirken, welches er der Schwäche dieſes Lichts zuſchrieb.

Einige muthmaßten, daß die Sonnenſtrahlen diejenigen Theilchen der Körper, von welchen die Farben abhangen, zerſtreuen möchten. Allein Bonzi bemerkte, daß, wenn er ſeine Bänder auf weißes Papier gegen das Licht legte, die Farben auf beyden Seiten verbleichten, ohne daß man auf den Stellen, wo ſie gelegen hatten, etwas finden konnte.

Beccari i) selbst muthmaßte, daß viele andere Veränderungen in dem innern Bau der Körper durch das Sonnenlicht möchten hervorgebracht werden, und glaubte mit Gewißheit, daß manche Körper, welche die Eigenschaft besitzen, das Licht in sich zu ziehen, von dem Sonnenlichte in dieser Absicht vielen Schaden litten. Er fand, daß Papier, nachdem es erst sehr heiß und nachher wieder kalt geworden war, einen schönen Phosphor dieser Art abgab, welcher aber, gegen seine erste Muthmaßung, durch die Ausstellung an das Licht sehr geschwächt ward. Er hatte ein Blatt Papier zum Theil bedeckt, zum Theil unbedeckt, nur wenige Stunden in das Sonnenlicht gelegt, hielt darauf das ganze Blatt sehr kurze Zeit gegen das Licht, damit es beyde Theile einziehen sollten, und nun leuchtete der bedeckt gewesene Theil im Dunkeln sehr helle, da der andere kaum zu erkennen war. Dieser Unterschied hatte nicht seinen Grund in der Hitze, welche letzterer von dem Sonnenlichte erhalten hatte. Denn als er bey einem andern Blatte Papier zur Bedeckung des einen Theils schwarzes Seidenzeug brauchte, wodurch es heißer, als der unbedeckte Theil ward, so blieb der Erfolg des Versuchs noch derselbe.

Das nämliche zeigte sich auch bey jedem andern Phosphor, welchen er dazu gebrauchte; zu diesem Zwecke machte er mit vielen Substanzen aus allen drey Naturreichen Versuche. Je stärker das Licht war, und je länger sie demselben ausgesetzt blieben, desto mehr litten sie dadurch. Eine Stunde machte schon einen beträchtlichen Unterschied, und es war weit weniger Zeit dazu nöthig, wenn die Strahlen durch ei-

nen

i) Comment. Bonon. Vol. VI. p. 81. sqq.

nen Brennſpiegel in einen Brennpunkt vereinigt wurden. Als er zwey Blätter Papier von mäßiger Dicke über einander legte, ward bloß das obere angegriffen; als er aber drey Blätter von einer feinern Art nahm, wurden die beyden oberen, aber nicht das untere, angegriffen.

Der Schade, welchen die Phosphoren von der Ausſtellung gegen das Sonnenlicht erlitten hatten, verlor ſich nicht mit der Zeit. Einen bewahrte er ein ganzes Jahr hindurch in einem dunkeln Zimmer; jedoch ſo, daß er von der Luft getroffen werden konnte, und er erhielt ſeine vorige Kraft nicht wieder. Er wuſch und trocknete ihn, und beräucherte ihn auf alle nur mögliche Arten; allein er konnte ihn, er mochte es anfangen wie er wollte, nicht wieder zurecht bringen, ob er gleich vorher, vor der Ausſetzung an das Sonnenlicht, ein ſehr ſchöner Phosphor geweſen war. Beccari wunderte ſich darüber, weil ſonſt ein Phosphor, der durch die Hitze gelitten hatte, durch die Kälte wieder in den vorigen Zuſtand verſetzt wird; oder wenn er durch Feuchtigkeit verdorben iſt, ſeine Kraft ſogleich, wenn er vollkommen trocken geworden iſt, wieder erhält.

Auf das Leuchten der ſo genannten Pholaden (Th. III. S. 190.) wurden die Bononiſchen Akademiſten im Jahre 1724 aufmerkſam, da der Graf Marſigli eine Parthie dieſer Thiere nebſt dem Geſteine, worin ſie angetroffen werden, nach Bologna brachte, um ſie der Akademie zur Unterſuchung zu übergeben. Beccari[k]) fand, daß dieſes Thier zwar zu leuchten aufhöre, wenn es in Fäulniß übergehe, daß es aber, ſo faul es auch immer geworden ſeyn möge, zu

k) Comment. Bonon. Vol. II. p. 232.

leuchten anfange und das Wasser, in welchem es befinde, helle mache, wenn man es mit demsel. schüttele. Galeati und Monti [l]) beobachten, daß Wein und Weinessig dem Leuchten ein Ennachten, daß es in gewöhnlichem Oele einige Tage dauerte, aber in gereinigtem Weingeiste oder Urin kaum Eine Minute erhielt.

Um auch zu beobachten, auf welche Art sich dies Licht bey verschiedenen Wärmegraden verändere, men sie ein Reaumür'sches Thermometer, und fan, daß das Wasser, welches durch diese Thiere zum hten gebracht war, an Helligkeit zunahm, bis daß Hitze auf 45 Grad stieg, worauf aber das Leuchplötzlich aufhörte, und nicht wieder hergestellt werkonnte.

Beccari [m]) goß nicht allein eine Seesalzsolu, sondern auch eine Auflösung von Salpeter zu leuchtenden Wasser; die erstere verstärkte das Leuch, die andere nicht so sehr, Salmiak verminderte in wenig, zerflossenes Weinsteinsalz hob es beynahe zlich auf, und Säuren benahmen es völlig. Da:n wurde dieses Wasser noch leuchtender, wenn es frisch calcinirten Gyps, Bergkrystall, Bleyweiß : Zucker gegossen ward. Als er hernach leuchtende lch anwand, fand er, daß ihr Licht durch Vitriol ertrieben, aber durch Weinsteinsalz verstärkt ward.

Auch kam er auf den Gedanken, zu versuchen, für Wirkung diese Art Licht auf Körper von veredenen Farben haben würde. Deßwegen tauchte er in

l) Comment. Bonon. Vol. II. p. 254.

m) Ibid. p. 257. sqq.

in Waſſer, das durch Fiſche leuchtend gemacht worden war, Bänder von allerhand Farben, und der Erfolg war, daß das weiße am hellſten ausfiel, das gelbe dieſem am nächſten kam, worauf das grüne folgte; die andern Farben waren faſt gar nicht kenntlich. In dieſem Falle ſahe man aber nicht ſowohl eine beſondere Farbe, ſondern bloß Licht. Darauf tauchte er auch Breter von allerhand Farben, auch Glasröhren, welche verſchiedentlich gefärbte Materien enthielten, in das Waſſer. Auf beyderley Art war das Rothe faſt nicht zu erkennen, Gelb ſchien am hellſten, Violet am trübſten, doch kam auf den Bretern das Blaue dem Gelben faſt gleich, und das Grüne war matter; dagegen mit den Glasröhren das Blaue ſchwächer am Lichte war als das Grüne.

Unter allen Flüſſigkeiten, in welche er die Phosladen brachte, ward Milch am leuchtendſten gemacht. Eine einzige Pholas ertheilte ſieben Unzen Milch einen ſolchen Glanz, daß man dadurch die Geſichter der Umſtehenden zu unterſcheiden im Stande war. Sie ſah wie durchſichtig aus.

Zur Erzeugung dieſes Lichts ſchien die Luft nothwendig zu ſeyn. Denn als Beccari leuchtende Milch in Glasröhren goß, konnte er ſie durch kein Schütteln zum Leuchten bringen, wenn nicht Luftblaſen mit ihr vermiſcht waren. Auch Monti und Galeati bemerkten, daß unter einem luftleeren Recipienten die Pholaden ihr Leuchten verlohren, wiewohl Waſſer bisweilen leuchtend blieb; ein Umſtand, den ſie dem Aufſteigen von Luftblaſen aus dem Waſſer zuſchrieben.

Beccari ſowohl als Reaumür verſuchten auf allerhand Art, der Vergänglichkeit des Leuchtens

ieser Pholaden abzuhelfen. Zu dem Ende knetete jener den Saft dieses Thieres mit feinem Weizenmehle zu inem Teige, und fand, daß dieser Fisch in warmes Vasser getaucht Licht von sich gab; am besten gelang s, wenn er in Honig aufbewahrt ward. Auf jede ndere Art wollte sich das Leuchten nicht länger als ein albes Jahr erhalten lassen, aber mit Honig ließ es ch ein ganzes Jahr erhalten, und selbst alsdenn uchtete die Masse, wenn sie in warmes Wasser getaucht war, noch so gut, wie nur je vorher.

Ueber das Leuchten der Seefische hatte bereits Martin n) eine Menge von Versuchen angestellt, he er fand, daß man ihm in dieser Untersuchung schon ange zuvor gekommen war. Manche seiner Beobachtungen aber sind neu und verdienen angeführt zu werden. Allen Seefischen glaubte er die Eigenschaft des euchtens zuschreiben, und den Fischen aus inländischen Gewässern sie absprechen zu können. Die Farbe er Fische that nicht viel zur Sache, doch fand er, aß weiße Fische, besonders die mit weißen Schuppen, im besten glänzten. Die Besprengung mit Salz, der eine gelinde Erwärmung vergrößerten das Leuchten, welches aber bey stärkerm Feuer verschwand. Dieses stimmt mit andern von ihm angestellten Beobachtungen überein: daß die Fische so lange leuchten, als noch etwas Feuchtigkeit an ihnen bleibt, und daß diese Feuchtigkeit höchst flüchtig ist. Denn da er die euchtende Materie mit einem Messer vom Blackfische abnahm, verschwand ihr Glanz, sobald sie nur im geringsten der Wärme eines brennenden Lichts genähert wurde, obgleich noch eine klebrichte, braune, ölichte Feuch-

n) Schwed. Abhandl. B. XXIII. S. 225.

Feuchtigkeit zurückblieb, die im Feuer gebrannt ſich in Blaſen auflößte. Fleiſch von Vögeln und Thieren leuchtet zwar, ſagt er, aber nicht ſo lebhaft, wie das von den Fiſchen. An einem Orte, wo eine Leiche 14 Tage lang ſtand, habe er eine beſondere graue Feuchtigkeit bemerkt, welche ſich wie ein Dampf an der Kammer allenthalben angeſetzt habe und ſchwer abzubringen geweſen ſey; vermuthlich, ſagt er, würde er daſelbſt Wände und Dach leuchtend gefunden haben. Hieraus könne man auch den Glanz erklären, den man in den Gräbern der Alten geſehen, und für ewige Lampen gehalten habe.

Was das Leuchten der See betrifft, ſo hat ſich der Abt Nollet °) bey ſeinem Aufenthalte in Venedig im Jahr 1749 außerordentliche Mühe gegeben, die Urſache deſſelben zu erforſchen. Endlich glaubte er dieſelbe in einem gewiſſen leuchtenden Inſekte zu finden, welches er auch umſtändlich beſchreibt.

Auf dieſelbe Vermuthung war ſchon vorher Vianelli p) gekommen, welcher nebſt Grizenelli q) Zeichnungen der Inſekten, welchen ſie das Leuchten zuſchrieben, bekannt gemacht haben.

Nollet ward in ſeiner Meynung durch eine Beobachtung beſtärkt, welche er einige Zeit nachher von der Bewegung einiger leuchtender Theilchen in der See machte. Als er in dem Hafen zu Porto fino das Seewaſſer leuchtend fand, legte er ſich am Ufer mit dem Bauche auf die Erde, und ſtreckte ſeinen Kopf über

o) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris 1750.

p) Nuove ſcoperte intorno le luci notturne dell' acqua marina etc.

q) Nouvelles obſervations ſur la ſcolopendre marine.

über die Oberfläche der See hinaus, worauf er diese Theilchen von dem mit Seegrase bewachsenen Boden bis ganz herauf auf eben die Art springen sah, wie es Insekten zu thun pflegen. Allein, wenn er sie haschen wollte, fand er bloß leuchtende Flecke auf seinem Schnupftuche, welche durch den Druck seiner Finger breiter wurden.

Le Roi r), welcher gleich nachher, als Nollet diese Beobachtungen gemacht hatte, eine Reise auf dem mittelländischen Meere unternahm, bemerkte, daß das Vordertheil des Schiffs im Seegeln bey Tage eine Menge kleiner Theilchen in die Höhe warf, welche im Zurückfallen ein Paar Sekunden lang auf der Oberfläche der See hinrollten, ehe sie sich damit vermischten; und eben diese Theilchen schienen, wie er vermuthete, bey Nacht feurig. Auf dem Wasser, welches er aus der See schöpfen ließ, zeigten sich dieselben Funken, wenn es in Bewegung gesetzt ward; aber hier ereignete sich das nämliche, was schon D. Beal wahrgenommen hatte, daß jede folgende Bewegung des Wassers weniger Licht hervorbrachte, als die vorhergehende, wofern man es nicht einige Zeit hatte ruhen lassen, in welchem Falle eine neue Bewegung es fast eben so glänzend machte, wie zu allererst. Er fand, daß dieses Wasser die Eigenschaft, durch Bewegung leuchtend zu werden, einen bis zwey Tage behielt, sie aber sogleich verlohr, wenn es an das Feuer gesetzt ward, ungeachtet es nicht zum Kochen kam. Nach genauer Untersuchung dieser Erscheinung war er gar nicht geneigt, sie irgend einigen leuchtenden Insekten zuzuschreiben, besonders weil er die mit seinem

r) Mémoir. presentés. Vol. III. p. 144.

nem Schnupftuche aufgefangenen leuchtenden Punkte rund wie große Stecknadelknöpfe fand, ohne einige Merkmale, daß es Thiere ſeyn könnten, ſo genau er ſie auch durch das Vergrößerungsglas betrachtete. Auch fand er, daß ein wenig Weingeiſt zu friſch geſchöpftem Seewaſſer gegoſſen darauf eine große Menge kleiner Funken hervorzubringen im Stande war, die noch länger als die auf der See befindlichen ſichtbar blieben. Alle Säuren, wie auch manche andere Flüſſigkeiten, thaten dieſelben Wirkungen, obgleich nicht ſo merklich; allein keine neue Bewegung konnte bey dieſem Verfahren den Glanz wieder herſtellen. Indeſſen läugnet le Roi nicht, daß es leuchtende Inſekten in der See gebe. Er geſteht ein, daß der Abt Nollet und Vianelli dergleichen wirklich fanden, behauptet aber, daß die eigentliche Urſache des Leuchtens der See in etwas anderm liegen müſſe, wiewohl er nicht einmal muthmaßlich etwas davon angiebt.

Noch nähere Unterſuchungen über das Leuchten des Seewaſſers ſtellte Canton s) an. Er legte im Jahr 1768 des Abends einen kleinen friſchen Weißfiſch in ein Stübchen Seewaſſer, in eine etwa 14 Zoll weite Pfanne, und bemerkte, daß weder der Fiſch noch das Waſſer durch Bewegung leuchtend ward. Ein Fahrenh. Thermometer ſtand in dem Keller, wo die Pfanne hingeſetzt ward, auf 54 Grad. Die folgende Nacht darauf war derjenige Theil des Fiſches, welcher mit der Oberfläche des Waſſers gleich lag, leuchtend, das Waſſer ſelbſt war dunkel. Mit dem Ende eines Steckens fuhr er durch das Waſſer, worauf es längſt dem Wege, welchen der Stecken nahm, leuchtend ward, aber nirgend anders. Allein, als

er

s) Philoſ. Tranſact. Vol. LIX. p. 446 ſqq.

r alles Wasser umrührte, ward es durchgehends leuchs end, und sahe wie Milch aus, so daß die Seiten der Pfanne davon leuchtend wurden, und in diesem Zus tande blieb es noch eine Weile, nachdem es wieder uhig geworden war. Am hellsten war das Wasser, achdem der Fisch etwa 48 Stunden darin gelegen atte, es wollte aber nach drey Tagen nicht mehr leuchs en, wenn man es gleich umrührte.

Hierauf goß er ein Stübchen süßes Wasser in ine Pfanne, und eben so viel Seewasser in eine andere, nd that in jede einen frischen Hering etwa 6 Loth chwer. In der folgenden Nacht war die ganze Oberfläche es Seewassers helle, ohne daß es umgerührt zu wers en brauchte, leuchtete aber nach dem Umrühren weit ehr; imgleichen war der Obertheil des Herings, wels her ziemlich tief unter der Fläche des Wassers lag, sehr länzend; allein das süße Wasser und der darin befinds iche Hering waren ganz dunkel. Auf der Oberfläche es See-Wassers zeigten sich hin und wieder einige sehr elle Tüpfelchen, und sie schien bey dem Scheine eis er Lichtflamme über und über mit einem schmierigten Schaume bedeckt zu seyn. In der dritten Nacht war das icht des Seewassers, wenn es stille gestanden hatte, ehr wenig oder gar nicht geringer als zuvor; aber urch das Umrühren ward es so stark, daß man die Zeit auf einer Uhr erkennen konnte, und der Fisch in emselben schien wie ein dunkler Körper. Hierauf ahm das Leuchten augenscheinlich ab, verschwand aber icht eher, als nach der siebenten Nacht. Das süße Wasser mit dem Fische darin blieb diese ganze Zeit ber völlig dunkel. Das Thermometer war fast immer ber 60 Grad.

Nun

Nun nahm er auch ſtatt des Seewaſſers anderes, worin er ſo viel Seeſalz aufgelößt hatte, daß es nach der Salzprobe gleiches ſpecifiſches Gewicht mit dem Seewaſſer erhielt, zugleich ſchüttelte er auch zwey Pfund Salz in ein Stübchen anderes Waſſer, und legte ſowohl in dieſes, als in jenes, einen kleinen friſchen Hering. Den folgenden Abend war die ganze Fläche des künſtlichen Seewaſſers leuchtend, ohne daß es umgerührt ward, und leuchtete noch beſſer, wenn dieſes geſchah. In allem verhielt es ſich genau ſo wie das wahre Seewaſſer; aber das andere Waſſer, daß beynahe ſo ſalzig als möglich war, wollte gar nicht leuchten. Der Hering, welcher aus dieſem den ſiebenten Abend genommen, und von dem Salze ausgewaſchen wurde, war derb und ſüß; der Hering aus dem erſten war weich und faulicht, und dieß noch mehr als ein anderer, der eben ſo lange in ſüßem Waſſer aufbehalten war. Wird ein Hering, bey warmem Wetter, in zehn Stübchen künſtlichen Seewaſſers ſtatt Eines Stübchens gelegt, ſo wird das Waſſer, wie Canton gefunden, noch immer leuchtend, nur nicht ſo ſtark wie ſonſt, gefunden werden.

Aus dieſen Verſuchen ſchloß Canton, daß das Leuchten des Seewaſſers von ſchleimigen und andern faulenden Materien in der See herrühre. Und da diejenige Menge Salz, welche gerade die Fäulniß am meiſten befördert, geringer iſt, als die im Seewaſſer enthaltene, ſo ſchließt er daher, daß das Seewaſſer, wenn es weniger ſalzig wäre, noch leuchtender ſeyn würde.

Aus einigen der erſten Beobachtungen erhellte, daß die Hitze faulenden Materien das Leuchten benahm, und ſelbſt Canton bemerkte, daß, wenn gleich eine

große

große Sonnenhitze die Fäulniß befördert, gleichwohl eine um 20 Grad größere Hitze, als die menschliche Blutswärme, sie zu hindern scheine. Denn als er ein kleines Stück eines leuchtenden Fisches in eine dünne Glaskugel gethan hatte, fand er, daß Wasser, welches bis zum 118 Grad erhitzt war, das Leuchten dieses Stückes in weniger als einer halben Minute vertrieb; daß es aber, wie es aus dem Wasser genommen ward, sein Licht etwa in 10 Sekunden wieder bekam, wiewohl es nie so helle wie zuvor glänzte.

Auch fand Canton die von Martin angeführte Bemerkung, daß süßes Wasser mit Fischen leuchtend zu machen vergebens sey, richtig, nur daß er einmal doch durch ein Stück von einem Karpfen das Wasser sehr leuchtend machte, wiewohl die Aussenseite oder der schuppige Theil gar nicht glänzte.

Endlich führt er auch an, wie künstliches Seewasser ohne Salzprobe zu erhalten sey, nämlich durch vier Unzen Salz avoir du pois Gewicht, vermischt mit 7 Nösel Wasser, Weinmaaß.

Was die Irrlichter oder Irrwische betrifft, so haben Derham und G. B. Beccari mehrere Beobachtungen darüber angestellt. Ersterer [c]) sahe einst auf einem morastigen Grunde, zwischen zwey felsigten Hügeln, in einer dunkeln und stillen Nacht einen Irrwisch, und näherte sich allmählich bis auf 3 oder 4 Ellen, daß er ihn also aufs bequemste beobachten konnte. Er hüpfte um einen Dornbusch herum, sprang wegen einer kleinen Bewegung der Luft nach einer andern Stelle fort, und lief immer vor ihm her, so wie er sich demselben näherte. Derham war so nahe

c) Philos. Transl. abreg. Vol. VII. p. 59.

nahe heran gekommen, daß, wenn die Erſcheinung von Leuchtwürmern verurſacht wäre, er nach ſeiner Meynung nothwendig die einzelnen leuchtenden Theilchen, woraus es beſtanden hätte, hätte müſſen unterſcheiden können. Allein es war ein einziger zuſammenhangender Körper, und deßwegen hält er es für einen feurigen Dunſt.

Beccari erkundigte ſich bey allen Bekannten wegen dieſer Erſcheinung, welche Gelegenheit gehabt hatten, dieſelbe zu beobachten. Er erfuhr, daß zwey ſolcher Lichter, die auf der Ebene theils Nordwärts theils Oſtwärts von Bologna ſich ſehen ließen, beynahe in jeder dunkeln Nacht da anzutreffen wären, und daß ſie etwa ſo helle, wie ein Bündel Reißholz leuchteten. Das auf der Oſtſeite gewöhnliche Licht begleitete einmal einen ſeiner Freunde über eine Meile lang, immer vor ihm her, und leuchtete noch ſtärker, als die Fakkel, welche er ſich vortragen ließ. Alle dieſe leuchtenden Erſcheinungen, ſagt er, wären helle genug geweſen, die Gegenſtände in der Nähe zu erleuchten; und man hätte ſie immer in Bewegung, wiewohl in ſehr unordentlicher, geſehen. Bisweilen hätten ſie ſich erhoben, und bald wieder geſenkt, wären aber doch meiſtentheils etwa 6 Fuß vom Boden ſchwebend geblieben. Auch wären ſie plözlich verſchwunden, und an einem andern Orte ſogleich wieder zum Vorſchein gekommen. Sie wären ſich in Abſicht an Figur und Größe nicht gleich, ſondern breiteten ſich einmal ziemlich weit aus und zögen ſich ein andermal wieder zuſammen, zertrennten ſich in zwey Theile und vereinigten ſich wieder, flöſſen zuweilen mit einer Art von wellenförmiger Bewegung dahin, und ſtreueten gleichſam Feuerfunken aus. Man verſicherte ihm, daß es keine dunkle Nacht

im

im Jahre gäbe, da sie nicht erschienen; und man nahm sie noch häufiger im Winter nach gefallenem Schnee, als in den heißesten Sommertagen wahr. Regen und Schnee waren diesen Erscheinungen so wenig hinderlich, daß sie vielmehr bey feuchtem und regnichtem Wetter stärker leuchteten. Der Wind änderte nichts an ihnen.

Der Boden an der Ostseite von Bologna, wo das größte dieser Lichter sich sehen ließ, ist ein hartes, kreidigtes und thonichtes Erdreich, worauf das Wasser lange stehen bleibt, und nachher bey heißer Witterung große Risse entstehen. Hingegen auf den Bergen, wo diese Erscheinungen viel kleiner waren, war der Boden von lockerer sandigter Art, welcher das Wasser bald einsog. Den besten Nachrichten gemäß, die er erhalten konnte, ließen diese Lichter sich häufig an Bächen und Flüssen sehen, vielleicht deßwegen, wie er sagt, weil der Zug der Luft sie leichter dahin als nach einem andern Orte treibt.

Endlich führt er noch folgenden merkwürdigen Bericht eines verständigen Mannes von einer solchen Erscheinung an. Dieser gieng im März, zwischen 8 und 9 Uhr des Abends, auf einer bergigten Straße, etwa 10 Meilen südwärts von Bologna, und bemerkte ein sehr helles Licht, das sich auf einigen an dem Ufer des Flusses Rioverde liegenden Steinen zeigte. Es schien etwa 2 Fuß über den Steinen erhaben, und nicht weit vom Wasser zu seyn, und glich einem etwas über 1 Fuß langen und $\frac{1}{2}$ Fuß hohen Parallelepipedum, dessen längste Seite horizontal war, und leuchtete so stark, daß man dadurch einen Theil einer in der Nähe liegenden Hecke, und das Wasser des Flusses erkennen konnte. Bloß an der östlichen Ecke war

der

der Glanz etwas ſchwach, und die eckigte Seite etwas abgerundet. Der Reiſende ging aus Neugierde langſam darauf zu und ſahe mit Verwunderung, daß, als er näher kam, das hellrothe Licht ſich erſt in ein gelbliches, und darauf in ein blaßfarbiges verwandelte, und ganz verſchwunden war, wie er an die Stelle ſelbſt kam. Hierauf ging er wieder zurück, und erblickte es nicht allein auf's neue wieder, ſondern fand auch, daß es deſto heller ward, je weiter er zurückging. Auf der Stelle, wo ſich dieſe Erſcheinung hatte ſehen laſſen, konnte er nicht den geringſten Geruch, oder ſonſt das Merkmal eines Feuers bemerken.

Eine Beſtätigung dieſer ſonderbaren Erſcheinung erhielt Beccari von einem andern Manne, welcher dieſen Weg oft reiſte, und ihm verſicherte, eben dieſes Licht 5 oder 6mal im Frühlinge und Herbſte geſehen zu haben. Es hatte ſich immer in der Geſtalt und an derſelben Stelle ſehen laſſen; einmal hätte er ſogar wahrgenommen, daß es an einem Orte in der Nähe entſtanden wäre, und ſich darauf von ſelbſt in die vorher beſchriebene Geſtalt geformt hätte.

Uebrigens geſteht Beccari, nicht allein dieſe ſonderbare Erſcheinung, ſondern auch die Irrlichter überhaupt nicht erklären zu können. Nur dieß bemerkt er, daß alle, welche dergleichen Lichter geſehen haben, darin übereinkommen, daß ihr Glanz mit dem Scheine der Leuchtwürmer nichts gemein habe.

Shaw u) beſchreibt folgendes merkwürdige Irrlicht. Als er mit einer Geſellſchaft durch die Thäler des Gebirges Ephraim des Nachts reiſete, wurden ſie über eine Stunde von einem Irrlichte begleitet, wel-

u) Travels, fol. p. 363.

welches bisweilen kugelrund, oder wie eine Lichtflamme schien, plötzlich aber sich so weit ausbreitete, daß die ganze Gesellschaft von einem blassen Lichte umgeben ward, worauf es sich wieder zusammenzog, und mit einemmale verschwand. Aber in weniger als einer Minute kam es wieder zum Vorschein, und breitete sich, indem es sich mit vieler Geschwindigkeit fortbewegte, von Zeit zu Zeit so weit aus, daß es einige Morgen Land auf den nahegelegenen Bergen einnahm. Die Luft war vom Untergange der Sonne an besonders dick und neblicht gewesen, und der Thau schmierig und fettig. Bey eben solcher Witterung, sagt er, habe er auch die leuchtenden Erscheinungen wahrgenommen, welche zur See um die Masten und Seegelstangen zu hüpfen pflegen.

Eigenschaften des Isländischen Krystalls oder des Doppelspaths.

Huygens hatte bereits gefunden, daß auch der Bergkrystall die Eigenschaft besitze, die durch ihn gesehenen Gegenstände doppelt darzustellen. Indessen hatte er nebst Newton dieses Mineral nicht so sorgfältig, als den Isländischen Krystall, beobachtet. Pater Beccaria x) unternahm es daher, Huygens und Newton's Wahrnehmungen von dem Bergkrystalle zu verbessern. Bey dem Isländischen Krystalle beobachtete er, daß der Strahl in selbigem durch zwey parallele Flächen ein- und ausfährt, und daher ohne Farben bleibt; bey dem Bergkrystalle aber sind die brechenden Flächen gegen einander geneigt, und daher wird der ausfahrende Strahl gefärbt. Seine Bemerkungen beschließt er mit der Frage, ob es außer dies

x) Philos. Transact. Vol. LII. p. 489.

dieſen beyden Körpern nicht noch mehrere gebe, welche eine vielfache Brechungskraft beſitzen. S'Gravesande, ſagt er, hatte ein Prisma aus Braſilianiſchem Kieſel, das an jedem Winkel eine gedoppelte Brechung, und zwar an jedem eine verſchiedene wahrnehmen ließ. Auch glaubt er, daß man durch die Beobachtung der Anzahl der Brechungen in durchſichtigen Foſſilien zu einer nähern Kenntniß der Bau- und Entſtehungsart ſolcher Körper geleitet, und die Urſache aller Brechungen und Zurückwerfungen beſſer einzuſehen in Stand geſetzt werden könne. Er ſelbſt iſt geneigt, die Urſache in einem elektriſchen Feuer zu ſuchen.

Noch andere neue Beobachtungen von der Brechungskraft des Isländiſchen Kryſtalls hat Martin y) gemacht. Er bemerkt, daß dieſer Körper, ungeachtet er viel weicher als Glas iſt, dennoch eine Politur faſt ſo gut wie Glas anzunehmen im Stande iſt, wenigſtens ſo gut, daß er zu allen Abſichten und Verſuchen tauglich wird, wenn man Prismen aus ihm ſchleift, dergleichen Martin verſchiedene verfertigt, und in ſeinen Lehrſtunden gezeigt hat.

Die Verſuche mit dieſen Prismen, ſagt er, zeigen, daß nicht bloß eine zweyfache, ſondern eine vielfache Brechung in dem Isländiſchen Kryſtalle vorgeht. Denn einige derſelben zerſpalteten den aufgefallenen Sonnenſtrahl nur in zwey Strahlen, deren jeder ein gefärbtes Bild der Sonne machte, das viel breiter und lebhafter gefärbt war, als es durch Glasprismen mit demſelben brechenden Winkel zu ſeyn pflegt. Beyde Bilder ſind einander ohne merklichen Unterſchied gleich. Andere Prismen zertheilten das Sonnenlicht in

y) Eſſay on Island Cryſtall p. 13.

n vier Theile, deren jeder ein besonderes gefärbtes Bild der Sonne giebt. Diese vier Bilder sind beynahe auf gleiche Art und gleich stark gefärbt. Jedes Objekt erscheint durch dieses Prisma viersach, und allemal gefärbt.

Es giebt sogar Stücke Isländischen Krystalls, us welchen Prismen mit einer sechssachen Brechungsraft werden, weil sie den Sonnenstrahl in sechs heile spalten, sechs gefärbte Sonnenbilder hervorringen, und jedes Objekt sechssach vervielfältigen. Doch sind dergleichen Stücke nicht häufig. Er hat ur ein einziges gefunden, welches helle genug war, n gutes Prisma abzugeben. Als etwas ganz Beonderes führt er an, daß von zwey Prismen aus demlben Stücke Krystall, welche fast gleiche Winkel tten, das eine zwey Bilder, das andere aber sechs achte.

Prismen, welche einzeln das Bild mehr als sechsal vervielfältigten, konnte er nicht finden, wenn er er zwey Prismen so zusammenstellte, daß der brechende Winkel dadurch größer oder kleiner ward, so verhielen sie sich wie die Faktoren eines Produkts, d. i. sie achten so viele Bilder hervor, als das Produkt der n jedem einzeln hervorgebrachten Bilder betrug. Ein risma von zwey Bildern, verbunden mit einem von hs, brachte zwölf Bilder hervor. Zwey Prismen, es von 4 Bildern, gaben 16 Bilder u. s. f.

Das sonderbarste an dem Doppelspathe schien artin'en zu seyn, daß, wenn gleich die brechenden ächen mit einander parallel waren, und der Strahl der Ebene der senkrechten Brechung lag, dennoch s Licht nicht, ohne Farben zu erhalten, durchging, e es sonst bey allen andern durchsichtigen Körpern der

Fall iſt. Es ſey nämlich (fig. 79.) po der einfallende Strahl, der auf die erſte Fläche cg des Kryſtalls, in einem finſtern Zimmer, fällt, und nach ol, om, geſpalten wird. Auf der andern, mit jener parallelen Seite fh, zeigt ſich wieder eine gedoppelte, aber von jener ſehr verſchiedene Art der Brechung beyder Strahlen bey l und m. Denn ein Theil des Strahls ol wird nach lq parallel mit dem einfallenden po, wie es ſonſt gewöhnlich iſt, gebrochen, der andere aber wird von l nach t, wie durch ein Prisma, nach dem Verhältniſſe der verſchiedenen Brechbarkeit des Lichts auf die Seite zerſtreuet, ſo daß das Licht nach lt gefärbt erſcheint. Eben ſo wird auf der andern Seite der Strahl om theils nach rm parallel mit po gebrochen, theils nach mſ zerſtreuet, und dabey gefärbt.

Von dieſen drey Strahlen, welche die zweyte Fläche bricht, werden drey verſchiedene Bilder des Lochs, wodurch das Licht in's dunkele Zimmer gekommen iſt, entſtehen, das mittlere iſt gedoppelt und entſteht von den nach lq und mr gewöhnlicher Weiſe gebrochenen Strahlen. Die andern Paar Strahlen lt, mſ, entwerfen jeder ein farbiges Bild des Lochs im Fenſterladen ſo weit von den mittleren Bildern, daß die Winkel tlq, rmſ fünf bis ſechs Grad groß ſind. Die verſchiedene Brechbarkeit äußert ſich völlig ſo wie im Glaſe, nur ſtärker.

Auch fand er Kryſtalle, welche, anſtatt jene drey Bilder in einer Reihe machen, drey Reihen von Bildern hervorbrachten, davon die mittlere zweyfach war, daß alſo überhaupt nicht weniger als zwölf deutliche Bilder des Lochs im Fenſterladen entſtanden, ſo wie es die fig. 80. abbildet. Die mit 1, 2, 3 bezeichneten liegen in der Ebene der ſenkrechten Brechung, und

und sind in diesem Stücke Krystall verdoppelt in 4, 5, 6. Die Strahlen in dieser Ebene wurden aber auch zur Seite gebrochen, nach 7, 8, 9 zu oberst, und nach 10, 11, 12 zu unterst. Alle diese Bilder lagen so ordentlich, daß sie eine Raute bildeten, die dem Schnitte der Ebene der senkrechten Brechung cfbg völlig ähnlich war.

Sie waren auf mancherley Art gefärbt, die mittleren bey 2 und 5 ausgenommen, die fast eben so weiß, als vorher, aussahen. Doch besaßen sie nicht alle einerley Farben; denn einige waren fast ganz roth, andere gelb, andere grün, blau oder violet, nachdem sich die Lage des einfallenden Strahls gegen die brechende Fläche änderte. Die beyden Bilder bey 9 und 10 in den spitzigen Winkeln waren sehr schwach und unkenntlich, wenn der Gegenstand nicht sehr helle war. Ward der Krystall um seine Axe gedreht, so drehete sich das ganze System der Bilder zugleich um, und der rothe Theil jedes Bildes war immer nach dem Bilde in der Mitte, der violette abwärts gewandt.

Wenn Prismen aus dem Isländischen Krystalle, von zwey, vier oder sechs Bildern, mit dem Parallelepipedo verbunden wurden, so vermehrte sich die Anzahl der Bilder in der Raute, daß daraus 24, 48, 72 der Zahl nach wurden, die fast alle sehr deutlich und mit den prismatischen Farben regelmäßig geschmückt waren, so daß daraus eine Art von natürlichen gemalten Kronleuchtern entstand, weit schöner, als die Kunst der Schmelzbarkeit je hervorbringen oder nachahmen kann.

Alle diese von Martin erzählten Erscheinungen wisse er nicht, sagt er, zu erklären; er glaube aber,

daß eine bisher noch nicht entdeckte Struktur dieses Körpers, oder eine besondere Modifikation der Lichttheilchen, die Newton selbst noch nicht gekannt habe, sie verursachen möge. Es könnte auch, muthmaßt er, die Ursache zum Theil in gewissen feinen Spalten liegen, die man an einigen polirten Stücken dieses Krystalls wahrnimmt; die Ebenen dieser Spalten stehen senkrecht auf die Ebene der senkrechten Brechung. Man erkennt diese Spalten durch die bunten Ringe, und jede sondert von dem Parallelepipedum ein gleichwinklichtes Prisma ab. Huygens und Newton führen sie nicht an, und Martin hat auch nur ein einziges Stück gefunden, worin sie sehr deutlich zu sehen waren. Sie sind in fig. 81. abgebildet, wo die punktirten Linien ihre Durchschnitte mit der Fläche des Krystalls anzeigen, die mit der Brechungsebene ed rechte Winkel machen.

Regenbogen, Höfe und Nebensonnen.

Die Erscheinung, welche D. Langwith beym Regenbogen im Jahr 1722 (Th. III. S. 54.) wahrnahm, sahe auch Bouguer[z]) einigemal bey seinem Aufenhalte auf den Gebirgen zu Peru, wo der Himmel oft außerordentlich heiter ist. Er hielt es für einen nothwendigen Umstand zu dieser Erscheinung, daß der Himmel nach der Sonne hin recht heiter, noch mehr aber, daß er gegen über ganz dunkel seyn müsse. Die Farben des zweyten Bogens unter dem ersten erblickte er in derselben Ordnung, wie an dem ersten, auch war das Roth in jenem von dem Violetten in diesem wohl abgesondert, daß er also die beyden Bogen deutlicher von einander unterschieden gesehen hat, als

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1757.

als sie sich beym D. Langwith zeigten. Bouguer glaubte noch bisweilen schwache Spuren eines dritten Bogens, gleich unter dem zweyten, wahrnehmen zu können.

Am 18. Nov. 1756 beobachtete le Gentil [a]) einen Regenbogen, welcher mit dem vom D. Langwith wahrgenommenen von einerley Art zu seyn scheint. Unter den beyden gewöhnlichen Bogen sahe er zwey andere breite Bogen, einen unter dem andern. Der obere unter ihnen berührte das Violet des gewöhnlichen Bogens unmittelbar. Sie waren um etwas mehr als ihre Breite von einander entfernt, die etwa ein gutes Drittheil der Breite des innern Regenbogens betragen mochte. Ihre Farbe war blau, eben so lebhaft als das Blau des Hauptbogens. Der Raum, den sie einnahmen, schien ihm ohngefähr eben so groß zu seyn, als der innere Regenbogen.

Ein andermal sah er mit de Fouchy unter dem Violet des gewöhnlichen Bogens einen Raum ohne Farbe, so breit als das Grün und Blau dieses Bogens zusammen genommen, und darauf ein lebhaftes Grün, so lebhaft wie das Grün des Regenbogens.

Pemberton [b]) hat diese Erscheinungen aus der Newton'schen Theorie der Anwandlungen des Zurückgehens und Durchgehens erklären wollen; nimmt aber dabey an, daß die verschiedentlich gefärbten Strahlen ihre besondern Anwandlungen haben, wenn sie an der Oberfläche eines gewissen Mittels ankommen, ohne die Dicke desselben in Betrachtung zu ziehen.

Doch

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1757.
b) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Kästner. S. 244.

Doch aber bemerkt er, daß ſolche Regenbogen in den Dampftröpfchen der Wolke ſich bilden mögen, welche die durch den Fall des Regens bewegte Luft zugleich mit den größern Tropfen herunter treibt. Deßwegen möchten ſie auch bloß unter dem höhern Theile des Regenbogens erſcheinen, weil dieſe Dunſttheilchen nicht weit herab kämen. Zur fernern Beſtätigung bemerkt er, daß dieſe Nebenfarben am deutlichſten zu ſehen ſind, wenn der Regen aus ſehr ſchwarzen Wolken herab kommt, wobey durch den heftigen Fall die Luft in eine ſtarke Bewegung gerathen wird.

Boscovich [c]) beſchreibt in einer Schrift, worinn er von dem großen Windwirbel zu Rom 1749 Nachricht ertheilt, einen vielfachen Regenbogen, welchen er den Tag nach dieſem Windwirbel ſahe. Zwey Stunden vor Untergang der Sonne ſah er außer den beyden gewöhnlichen noch einen dritten, welcher den innern Regenbogen berührte, und eine Viertelſtunde vor Sonnenuntergang innerhalb des innerſten vornehmſten Regenbogens noch drey mit derſelben Ordnung der Farben, einer den andern berührend, ganz deutlich, nebſt einer zweifelhaften Spur des vierten, welchen ſein Begleiter deutlich erkannte.

Die umgekehrten Bogen, welche ſich gewöhnlich bey Nebenſonnen zeigen, hat man, wie Weidler [d]) bemerkt, bisweilen auch allein geſehen. Ueberdem führt er aus Tachards Reiſebeſchreibung nach Siam an, daß dieſer allemal, wenn zwey Wellen an einander geſtoßen ſind, ſo daß das Waſſer in kleinen Tropfen in die Höhe geſprungen iſt, einen umgekehrten Regenbogen geſehen habe, wofern ſein Auge ein wenig über dies

c) De turbine.
d) Comment. de parheliis. p. 30.

diesen Tropfen erhaben war; da hingegen, wenn die Tropfen wieder zurückgefallen sind, oder wenn es geregnet hat, sich ein Regenbogen in der gewöhnlichen Lage habe sehen lassen.

Carteſius erklärt dergleichen Erscheinungen aus der Zurückwerfung des Sonnenlichts von der Fläche des Wassers; allein Weidler ist damit nicht zufrieden, und sagt: diese Erscheinung entstehe, wenn die Sonnenstrahlen, welche sich nach zweymaliger Brechung und einer Zurückwerfung in den Tropfen auf der Axe des Regenbogens würden vereinigt haben, in das Auge, welches jenseits dieses Vereinigungspunkts auf der Axe befindlich ist, unter einem halb so großen Winkel fallen. Allein Weidler zeigt nicht die Möglichkeit, wie auf solche Art die Strahlen diese Erscheinungen zuwege gebracht haben können.

Celsius [e]) beschreibt einen von ihm in Dalecarlien 1743 gesehenen dritten Regenbogen, welcher breiter, als die beyden andern gewesen, und sie geschnitten habe, und der, nach den Umständen zu urtheilen, durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen von einem Flusse entstanden ist.

G. Edward's [f]) beschreibt einen Regenbogen, welcher durch die von London aufsteigenden Dünste entstanden seyn muß. Es war 20 Minuten nach Sonnenuntergang, als er ihn beobachtete, und der Mittelpunkt des Bogens war folglich über dem Horizont. Die Farben waren, wie an dem gewöhnlichen Regenbogen, nur schwächer.

Was

e) Abhandl. der Schwed. Akad. d. Wissenschaften. B. IV. der deutsch. Uebers. S. 235.
f) Philosoph. Transact. Vol. L. p. 294.

Was die Höfe betrifft, ſo ſind dieſe ſehr häufig. In Holland kann man ihrer, wie Muſſchenbroek [g]) erzählt, faſt jedes Jahr über 50 bey Tage erblicken. Middleton ſagt, daß die Höfe in Nordamerika ſehr häufig wahrgenommen werden, indem man daſelbſt mehrentheils alle Woche einen oder zwey um die Sonne, und alle Monat einen oder zwey um den Mond ſehe. Ferner erzählt Aepinus [h]), daß er vom 23. Aprill 1758 bis zum 20. Sept. nicht weniger als 26, ja bisweilen in eben dieſer Zeit noch einmal ſo viel beobachtet habe.

Einmal nahm Muſſchenbroek im Dec. 1756 durch ſein dünn überfrornes Stubenfenſter einen bunten Hof um den Mond wahr, welcher bloß von den dünnen Eisſcheibchen an dem Fenſter herrührte, weil keiner zu ſehen war, als er das Fenſter öffnete.

Eine Art von Hof war die merkwürdige Erſcheinung, welche Bouguer [i]) und ſeine Reiſegefährten auf dem Berge Pichincha in Peru wahrnahm. Als die Sonne gerade aufgieng, ſahen ſie auf einer weißen etwa 30 Schritt von ihnen entfernten Wolke, jeder ſeinen eigenen Schatten und keiner den des andern. Wegen der mäßigen Entfernung konnten ſie alle Theile des Schattens, als Arme, Beine, Kopf, deutlich unterſcheiden; was ſie aber erſtaunen machte, war, daß Jedes Kopf mit einer Art Glorie umgeben war, die aus drey oder vier kleinen concentriſchen Kreiſen beſtand, welche mit ſehr lebhaften Farben, jeder wie der innere Regenbogen, geſchmückt waren, und auch das Roth nach auſſen hin hatten. Die Abſtände dieſer

g) Introd. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 1036.
h) Nov. comment. Petrop. Vol. VIII. p. 392.
i) Mémoir. de l'Acad. de Paris. an. 1744.

ser Bogen von einander blieben gleich, ob sich zwar die Durchmesser derselben änderten. Der letzte war sehr matt, und in einer ziemlich großen Weite zeigte sich ein großer weißer Kreis, der jene alle umgab. So gut Bouguer die Größe dieser Kreise messen konnte, war der erste etwa $5\frac{2}{3}$, der zweyte 11, der dritte 17 Grad groß; der Durchmesser des weißen Kreises hielt etwa 67. Diese Erscheinung zeigte sich nicht anders, als auf einer aus gefrornen Theilchen bestehenden Wolke, nie auf Regentropfen. War die Sonne nicht im Horizonte, so war von dem weißen Kreise bloß ein Theil zu sehen, wie es Bouguer nachher oft beobachtet hat. Eine Erklärung hat weder er, noch einer von allen, welche nach ihm diese Beobachtung erzählt haben, zu geben versucht.

Eine dieser wunderbaren Erscheinung ähnliche hat auch M'Fait [k]) in Schottland wahrgenommen. Er nahm um seinen Schatten auf dem Nebel, über welchem er auf einer Anhöhe erhaben war, einen Regenbogen wahr. Von diesem Standpunkte schien ihm die ganze Gegend umher gleichsam als von einer Sündfluth bedeckt, nur hie und da ragten die Spitzen entfernter Hügel aus der Fluth hervor, und nicht anders als mit Schwindel ließ sich in die Tiefe hinabsehen. Ein andermal sahe er unter diesen Umständen eine doppelte Reihe von Farben um seinen Schatten. Die Farben der äußern waren breit und sehr deutlich, allenthalben zwey Fuß von seinem Körper entfernt. Darauf folgte ein schwärzlicher Zwischenraum, und nach diesem eine schmälere Reihe von Farben, die sich hart an den Schatten anschloß, der sehr verkürzt war. Er scheint diese Farben der Beugung des Lichts zuzuschrei-

k) Edinburgh essays. Vol. I. p. 198.

ſchreiben, eben der, welche den hellen Rand um die Schatten aller Körper, den Maraldi und M'Fait wahrnahmen, verurſacht habe.

Hungens Erklärung der Höfe hält Weidler für ſehr unwahrſcheinlich. Es ſey nämlich, ſagt er, nicht erweislich, daß Körper, wie Hungens vorausſetzt, gerade mit den gehörig abgemeſſenen Kernen vorhanden ſeyn ſollten; und wenn ſie es auch wirklich wären, ſo würden ſie, wie er glaubt, doch zu klein ſeyn, um die ihnen beygelegten Wirkungen hervorzubringen. Außerdem, ſagt er, ſind die Erſcheinungen, wie Höfe, nichts ungewöhnliches, wenn auch nichts anders als wäſſerichte Feuchtigkeit vorhanden iſt, z. B. wenn ein brennend Licht hinter dem Dampfe von kochendem Waſſer bey Froſtwetter, oder in die aus einem Bade häufig aufſteigenden Dünſte, oder hinter einen Recipienten geſtellt wird, worin die Luft ſo verdünnt iſt, daß ſie die in ihr enthaltenen Waſſertheilchen nicht mehr tragen kann. Bloß kleine Waſſertropfen, ohne einen undurchſichtigen Kern, in welchem das Sonnenlicht zweymal gebrochen und zweymal zurückgeworfen worden, ſeyen hinlänglich, alle die Erſcheinungen ſolcher Höfe hervorzubringen, an welchen die rothe Farbe nach der Sonne hinliegt, wie es ſich auch durch die Erfahrung beweiſen laſſe [l]).

Simon Kotelnikow [m]), welcher ſo wie Halley über die Zahl der möglichen Regenbogen genaue Unterſuchungen angeſtellt hat, ſieht den bunten Hof, der bisweilen um eine Lichtflamme erſcheint, von einerley Art mit einem der Regenbogen an, die nahe bey

l) Comment. de parheliis. Viteb. 1738. p. 24.

m) Nov. comment. Petrop. Vol. VII. p. 276.

bey der Sonne erscheinen würden, wenn ihr überstarker Glanz es nicht hinderte.

Musschenbroek n) beschließt seine Nachrichten von Höfen damit, daß er sagt, es möchten Dünste oder Scheibchen Eis von einer gewissen Dicke, nach Maasgabe dieser Dicke, das Licht entweder bey dem Durchgange durch die Wasserkügelchen selbst oder durch ihre Zwischenräumchen in allerhand Farben zerspalten. Er läßt sich aber auf eine nähere Bestimmung dieser Dicke oder der Größe ihrer Theilchen nicht ein.

Im Jahre 1753 beobachtete Musschenbroek o) eine Nebensonne, welche auf beyden Seiten einen Schweif hatte, so wie auch schon Halley eine solche gesehen hatte. Diese Schweife lagen in der geraden Linie nach der Sonne hin. Auch hat man Schweife auf farbigen Kreisen liegen gesehen. Weidler sahe eine Nebensonne mit zwey Schweifen, einen aufwärts, den andern unterwärts gekehrt, und ein wenig gekrümmt; der auswendige Rand in Absicht auf die Sonne war purpurfarbig, der inwendige roth mit den andern Regenbogenfarben. Diese Schweife liegen mehrentheils in einem horizontalen Kreise; bisweilen fehlen sie.

Eine merkwürdige Erscheinung einer Nebensonne sahe Musschenbroek im Jahre 1753 den 18ten Octob. zu Leiden. Es war nur eine einzige Nebensonne, die aber drey Schweife hatte, zwey mit dem Horizonte gleichlaufend, den dritten senkrecht aufgerichtet. Dieser war 12 Grad lang, mit den Regenbogenfarben lebhaft geschmückt, von welchen das Roth nach der

n) Introduct. ad philos. natur. p. 1039.

o) Ibid.

der Sonne gekehrt war. Nach dem Zenith hin zeigte ſich ein farbiger Bogen, ſo groß als der vierte Theil eines mit dem Horizonte gleichlaufenden Kreiſes von 50 Grad im Durchmeſſer. Er war ſo breit, als ein Hauptregenbogen, und mit der erhabenen Seite nach der Sonne gekehrt, von welcher er 47 Grad abſtand. Die ſieben Regenbogenfarben, von welchen das Roth nach der Sonne zu gekehrt war, waren ganz beſonders lebhaft, und deutlicher unterſchieden, als man ſie durch das beſte Prisma ſehen mag. Der Himmel war damals mit einem dünnen Nebel bedeckt, mit hin und wieder zerſtreueten kleinen Wolken, und es war völlige Windſtille.

Eine Erſcheinung, die, wie Muſſchenbroek glaubt, dieſer von ihm wahrgenommenen ähnlich iſt, ward 1750 von Griſchow zu Berlin geſehen. Es war zwar keine Nebenſonne dabey zugegen, aber es zeigten ſich zwey farbige gegen die Sonne erhabene Bogen, wovon der äußere 47° 10′ von der Sonne, die 18° 30′ hoch ſtand, entfernt war, und der innere von dieſem erſten 7° abſtand. An jenem folgten die Regenbogenfarben nach der Ordnung, ſo daß Roth den Anfang von außen auf der Seite nach der Sonne machte; an dem innern war die Ordnung verkehrt. Die Erſcheinung dauerte eine halbe Stunde. Zu Anfange derſelben und einige Stunden vorher hatte es nicht geregnet; es entſtanden aber in der Gegend, wo ſie war, trübe ſchwarze Wolken, aus welchen ein ſtarker Regen fiel.

Aepinus p) ſahe am 23 Aprill 1758 um einen Hof um die Sonne noch eine weiße elliptiſche Scheibe, deren kleine Axe auf dem Horizont ſenkrecht, und ſo groß

p) Nov. comment. Petrop. Vol. VIII. p. 393. ſqq.

groß als der Durchmesser des Hofes war. Dieselbe Erscheinung sahe er deutlicher am 13ten May. Am 15ten Octob. 1758 sahe er neben dem Hofe einen Bogen, dessen Mittelpunkt in den Scheitel fiel, und der eben solche Farben wie der Hof hatte. Der oberste Punkt war 45 Grad von der Sonne entfernt. Er vermuthet, daß Nebensonnen mit elliptischen Höfen in den nördlichen Gegenden häufiger sind, so wie die mit kreisförmigen in den südlichern Ländern.

Wales [q]) erzählt, daß zu Churchill in der Hudsonsbay vor der Sonne bey ihrem Aufgange allemal zwey lange rothe Lichtströme vorhergehen, auf jeder Seite, etwa 20 Grad von ihr, einer. Sie steigen mit der Sonne zugleich in die Höhe, und beugen sich, so wie sie länger werden, gegen einander, bis sie gerade über die Sonne, in dem Augenblicke da sie aufgeht, zusammenkommen, und daselbst eine Art von Nebensonne bilden. Diese beyden Lichtströme, sagt er, scheinen von zwey andern Nebensonnen, die mit der wahren Sonne zugleich aufgehen, herzukommen. Im Winter, wenn die Sonne nie über dem Nebel sich erhebt, der daselbst immer am Horizonte liegt, begleiten diese Nebensonnen immer den ganzen Tag die Sonne, und gehen mit ihr auf dieselbe Art unter, wie sie aufgingen. Ein oder zweymal sahe er noch eine vierte Nebensonne gerade unter der wahren, welches aber, wie er sagt, etwas seltenes ist.

Auch hat man Nebenmonde zugleich mit Schweifen und farbigen Kreisen gesehen, eben so wie bey den Nebensonnen. Nachricht davon und die Beschreibung einer solchen sehr schönen Begebenheit findet man beym Musschenbroek [r]).

Weid-

q) Philos. Trans. Vol. LX. p. 129.
r) Abhandl. der schwed. Akad. der Wissensch. der deutsch. Uebers. B. XXV. S. 47.

Weidler, welcher Hungens Hypotheſe zur Erklärung nicht wollte gelten laſſen, billigt doch deſſen Vorſtellung von der Entſtehungsart des horizontalen Ringes bey der Erſcheinung der Nebenſonnen vermittelſt gefrorner cylindriſcher Dünſte. Auch Muſſchenbroek ſagt, daß man von der Urſache der Nebenſonnen nichts beſſers, als Hungens Meynung anzugeben hätte, außer daß die gefrornen Cylinder oder Spießchen niemals in der Mitte undurchſichtig, ſondern immer durchſichtig gefunden worden ſind. Solche Spießchen ſind bisweilen, nachdem die Nebenſonnen verſchwanden, aus der Luft gefallen, wie Mehrere beobachtet haben.

Die farbigen Kreiſe um die Sonne, welche mit den Nebenſonnen zu erſcheinen pflegen, hält Muſſchenbroek für einerley mit den ſonſt gewöhnlichen Höfen um die Sonne, ſo daß, wenn eine hinreichende Menge gefrorner Spießchen in einem dünnen Nebel vorhanden iſt, alle dieſe Erſcheinungen entſtehen werden; die Höfe von dem dünnen Nebel, die Nebenſonnen von den gefrornen Spießchen.

Fr. Mallet merkt bey der Beſchreibung eines in Schweden geſehenen Parhelion an, daß einige Umſtände bey demſelben mit Hungens Hypotheſe nicht wohl übereinſtimmen. 1. Die Entfernung zwiſchen der Sonne und der Nebenſonne ward geringer, ſo wie die Sonne in die Höhe ſtieg, nahm aber nicht zu, als die Sonne des Nachmittags wieder niedriger ward, ſondern immer mehr ab; 2. weil die beyden Kreiſe, welche das Zenith zum gemeinſchaftlichen Mittelpunkte hatten, die Kreiſe, welche die Sonne umgaben, genau berührten, ſo ſollten ſie wohl von einer und derſelben Urſache herrühren; weil aber doch der äußerſte

von

i beyden Kreisen, in deren Mittelpunkt die Sonne
r, eine doppelt so große Breite hatte, so folgerte
daraus, daß sie aus verschiedenen Ursachen entste
müßten.

nerkungen von den blauen Schatten der Körper, der blauen
be des Himmels, der rothen Farbe der Wolken des Mor-
gens und des Abends, und der Dämmerung.

Framond's Meynung von der blauen Farbe
Himmels, daß sie nämlich aus einer Mischung von
t und der Schwärze des Raums jenseits der Atmos
äre entstehe, haben noch Wolf und Musschen
ek vertheidigt. Selbst Eberhardt *), welcher
e Meynung erzählt, glaubt, daß die Atmosphäre
eigenthümliche Farbe besitze, darum, weil sie die
uen Strahlen stärker als die andern breche. Allein
solche Art wird die Absonderung der blauen Strahe
von den rothen für ein innerhalb der Atmosphäre
ndliches Auge nicht erklärt. Indessen haben schon
Eberhardt Bouguer und Andere eine leichte
lärung dieser Erscheinung gegeben, indem sie mei
, daß die blauen Strahlen von der Luft leichter zu
geworfen, und die rothen leichter durchgelassen
den.

Was die blauen Schatten der Körper betrifft,
on Otto von Guericke zuerst eine kurze Wahr-
mung angeführt hat, so blieb sie beynahe ein ganzes
rhundert nach demselben unbemerkt, und selbst
ward diese Erscheinung bloß zufälliger Weise,
wenn sie noch nicht wäre wahrgenommen worden,
achtet. Erst im Monat July 1742 nahm der
Graf

*) Acta nova Acad. Caes. Tom. II. app. p. 263.

Graf von Buffon t), da er sich mit der Untersuchung der zufälligen Farben beschäftigte und auf die untergehende Sonne wartete, um sie ohne Schaden ansehen zu können, und darauf die Farben mit ihren Abwechselungen, welche der Eindruck des Lichts auf sein Auge hervorbrachte, zu bemerken, an den Schatten der Bäume, welche auf eine weiße Mauer fielen, eine grüne Farbe wahr. Zu der Zeit stand er auf einer Anhöhe, und die Sonne ging in einer Oeffnung zwischen zwey Bergen unter, so daß sie ziemlich tief unter seinem Horizonte zu seyn schien. Der Himmel war heiter, außer in Westen, wo er zwar ohne Wolken, aber doch mit Dünsten von einer in's röthliche fallenden gelben Farbe dünne überzogen war. Die Sonne selbst sahe sehr roth aus, und schien wenigstens viermal größer als zu Mittage. Unter diesen Umständen bemerkte er ganz deutlich, daß die Schatten der Bäume, welche 30 bis 40 Fuß von der Mauer standen, eine zarte grüne Farbe, die etwas in's Blaue fiel, hatten. Der Schatten einer Laube, die drey Fuß von der Mauer stand, war auf derselben genau abgezeichnet, und sahe aus, als wenn er ganz frisch mit Grünspan gemalt wäre. Diese Erscheinung dauerte fast fünf Minuten.

Den folgenden Morgen ging er mit Sonnenaufgang aus, andere Schatten auf einer weißen Mauer zu beobachten, aber anstatt sie, wie er vermuthete, grün zu finden, fand er sie blau, oder vielmehr von einer lebhaften Indigofarbe. Der Himmel war heiter, außer daß sich in Osten ein dünner Vorhang gelblichter Dünste befand, und die Sonne ging hinter einem Hügel auf, so daß sie über seinem Horizonte erhaben

t) Mémoir. de l'Acad. de Paris. an. 1743.

bey war. Unter diesen Umständen blieben die Schat
nur drey Minuten lang blau und wurden darauf
warz. Am dem Abende dieses Tages beobachtete
die grünen Schatten genau wie den vorigen Tag.
den sechs folgenden Tage hielten ihn die Wolken zu
k; seine Beobachtungen zu wiederholen: aber am
enten Tage bey Sonnenuntergang waren die Schat
nicht grün, sondern schön himmelblau. Dabey
nerkte er, daß der Himmel damals wenig Dünste
te, und daß die Sonne hinter einem Felsen unters
g, weßwegen sie verschwand, ehe sie seinen Hori
t erreichte. Von dieser Zeit an beobachtete er so
hl beym Auf- als Untergange der Sonne die Schat
sehr oft, fand sie aber immer blau, allein auf mans
ley Art schattirt. Er ließ diese Erscheinung ver
edene seiner Freunde bemerken, die sich eben so sehr
über verwunderten, als er es selbst gethan hatte.
ber, erinnert er, kann einen blauen Schatten sehen,
n er beym Auf- oder Untergange der Sonne sei
Finger vor einem Stücke weißes Papier hält.

Der erste, welcher diese Erscheinung zu erklären
suchte, war der Abbé Mazeas u). Er beobach
, da er einen dunkeln Körper von dem Monde und
einer Lichtflamme zugleich erleuchten ließ, daß von den
den Schatten desselben, die auf eine weiße Wand
n, derjenige, den die Lichtflamme erleuchtete, röth
, und der vom Monde erleuchtete blau aussah.
er, ohne sonst einen andern Umstand in Betrach
g zu ziehen, wollte er diese Farben aus der Ver
derung des Lichts herleiten.

Das

u) Mémoir. de l'Acad. de Berlin an. 1752.

Dagegen bemerkt Melville *), ein Körper zeige eine gewisse Farbe nur darum, weil er gewisse Gattungen von Strahlen häufiger als andere zurückwerfende, auch könne man die Bestandtheile der reinen Luft nicht für grob genug halten, daß sie für sich im Stande wären, die Strahlen in Farben abzusondern; man müsse also nicht mit Newton annehmen, daß die Strahlen, welche die Empfindung der blauen und violetten Farbe erregen, häufiger als die übrigen von den feinen Dünsten zurückgesandt werden, die durch den Dunstkreis zerstreuet, und deren Theile nicht groß genug sind, um sie als undurchsichtige Wolken sichtbar zu machen. Ohne sich auf Guericke oder Buffon zu beziehen, vermuthlich auch ohne ihre Wahrnehmungen zu kennen, zeigt er, daß unter gewissen Umständen die bläulichte Farbe des von der Luft zurückgeworfenen Lichts wirklich an den davon erleuchteten Körpern wahrgenommen werde; wie man, sagt er, einwendet, daß es immer nach seiner Hypothese geschehen müßte. Denn wenn man bey einem heitern unbewölkten Himmel auf ein weißes Papier einen Körper legt, und beydes in die Sonne stellt, so wird der Schatten, der bloß von dem Lichte des Himmels erleuchtet wird, gegen das übrige von der Sonne geradezu erleuchtete Papier ziemlich bläulicht aussehen.

Bouguer y) aber nimmt die Dünste in der Atmosphäre nicht zu Hülfe, um die Zurückwerfung der blauen Strahlen zu erklären, sondern leitet diese vielmehr aus der Beschaffenheit der Luft selbst her, welche machte, daß weniger lebhaft gefärbte Strahlen nicht sehr weit durch sie dringen können. Daraus erklärt er die von

x) Edinburgh essays. Vol. II. p. 75.

y) Traité d'Optique p. 368.

Buffon wahrgenommene blaue Farbe der Schat
des Morgens und des Abends, welche, wie er sagt,
den Mahlern wohl bemerkt wird, die man auch
einer Lichtflamme kurz vor Sonnenaufgang wahr
men könne, allein wovon man, so viel er wisse,
wahren Grund nicht angegeben habe. Die Farbe
Lichts von der Atmosphäre, welches diese Schat
erleuchtet, verursache diese Erscheinung. In dies
Farbe wären die blauen Strahlen am häufigsten
handen, deren eine große Menge schief zurückgehe;
egen die rothen Strahlen, welche nicht so leicht zus
geworfen werden, ihren Weg weiter fortsetzen,
auf den Schatten keinen Einfluß haben.

Aus diesem Grunde, weil die blauen Strahlen
der reinen Luft am häufigsten zurückgesandt werden,
t Smith *) die rothe Farbe der Sonne und des
ndes, wenn sie nahe am Horizonte sind, und die
oferfarbe des Mondes bey gänzlichen Verfinsterun
her.

Beguelin *), welcher diesen Gegenstand am
ueſten untersucht hat, macht die Bemerkung, daß
ordentliche Farbe der Schatten blau seyn müsse,
daß die grüne Farbe, die Buffon nur zweymal
hen, eine zufällige Ursache zum Grunde habe.
ün sey nur eine Mischung von Blau und Gelb, so
diese zufällige Veränderung von der Beymischung
ger gelben Strahlen in dem Schatten entstanden
könne; vielleicht habe auch die Mauer einen gelb
en Anstrich gehabt, daß folglich bloß die blaue Far
be

) Lehrbegriff der Optik durch Kästner. S. 425.
) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1767. p. 27 sqq.

he es sey, welche man zu erklären habe. Diese aber lasse sich ganz natürlich von der Farbe der Luft herleiten, welche uns blau scheint, und die also diejenigen Strahlen, welche die Empfindung dieser Farbe erregen, vor andern häufig zurücksendet. Alle Gegenstände, welche von der Sonne unmittelbar erleuchtet werden, erhalten zu gleicher Zeit mehr oder weniger von der Luft zurückgesendete Strahlen; und da diese noch immer auf eine Sache fallen können, wenn gleich die von der Sonne gerade herkommenden aufgefangen werden, so sey es kein Wunder, daß der beschattete Theil einige von den blauen Strahlen zurücksenden könne, und daß man diese empfinde, sobald das Licht, welches die Empfindung derselben überwältigt, bis auf einen gewissen Grad geschwächt wird, wie es der Fall um die Zeit des Aufgangs oder Untergangs der Sonne ist.

Zur Bestätigung seiner Erklärung fügte er selbst einige von ihm gemachte Beobachtungen hinzu, in welchen die Erscheinung sich auf mancherley Arten zeigt. Als er sich im Juli 1764 in dem Dorfe Buchholz aufhielt, beobachtete er auf freyem Felde bey heiterm Himmel die Schatten, welche auf die weißen Blätter seiner Schreibtafel fielen. Um halb sieben Uhr des Abends, da die Sonnenhöhe etwa 4 Grad war, bemerkte er, daß der Schatten seines Fingers dunkelgrau aussah, wenn er die Schreibtafel senkrecht der Sonne entgegenhielt; wenn er sie aber beynahe horizontal hielt, daß die Sonnenstrahlen sehr schief auf das Papier fielen, so bekam der erleuchtete Theil eine bläuliche, und der Schatten auf dem Papiere eine schöne hellblaue Farbe.

Wenn er seine Augen zwischen der Sonne und dem horizontal gehaltenen Papier stellte, so hatte dieß, unge-

ungeachtet es von der Sonne erleuchtet ward, immer eine bläulichte Farbe; hielt er aber das Papier in dieser Lage zwischen der Sonne und dem Auge, so konnte er auf jedem kleinen Hügelchen, den die Ungleichheit des Papiers machte, die vornehmsten prismatischen Farben wahrnehmen, die er selbst an den Nägeln der Finger und an der Haut seiner Hand bemerken konnte. Die Menge dieser roth, grün und blau gefärbten Punkte verdrängte beynahe die natürliche Farbe der Gegenstände.

Um drey Viertel nach sechs Uhr fieng der Schatten an blau zu werden, wenn auch gleich die Strahlen senkrecht auf das Papier fielen. Die Farbe war lebhafter, wenn die Strahlen unter einem Winkel von 45 Grad dagegen geneigt waren. Selbst bey einer kleinern Neigung des Papiers bemerkte er schon deutlich, daß der blaue Schatten zu oberst einen blauen, und zu unterst einen rothen Rand hatte. Allein um die Ränder zu erkennen, mußte der beschattende Körper nahe an das Papier gehalten werden. Denn in einer Entfernung von drey Zoll war der ganze Schatten blau. Jedesmal, wenn er die Schreibtafel offen gegen den Himmel gehalten hatte, kehrte er sie auch gegen den Erdboden zu, der mit Grün bewachsen war, und hielt sie so, daß die Sonne sie bescheinen, und die Schatten von verschiedenen Dingen darauf fallen konnten; allein in dieser Lage konnte er bey keiner Neigung der Sonnenstrahlen, wie sie auch seyn mochte, an dem Schatten eine blaue oder grüne Farbe entdecken.

Um sieben Uhr, da etwa die Sonnenhöhe noch 2 Grad war, hatten die Schatten eine sehr blaue Farbe, selbst wenn die Strahlen senkrecht aufs Papier fielen. Diese war am schönsten, wenn das Papier

mit dem obern Theile von der Sonne abwärts unter einem Winkel von 45 Grad geneigt war; was er aber nicht erwartete, war, daß die blaue Farbe ſich verlohr, wenn ein größerer Himmelsraum das Papier erleuchtete, ſo, daß bey einer horizontalen Lage deſſelben der Schatten gar nicht mehr blau war. Dieſen beſondern Umſtand erklärt er daher, daß die Helligkeit des von der Sonne erleuchteten Theils des Papiers und des beſchatteten Theils in dieſer Lage ſehr wenig unterſchieden waren, da die Erleuchtung abnimmt, je mehr die Fläche gegen die Strahlen geneigt wird. Auf ſolche Art hatten zu viel und zu wenig Helligkeit einerley Wirkung, wiewohl aus verſchiedenen Urſachen. Uebrigens ſahe Beguelin nie anders einen grünen Schatten, als wenn er ihn auf gelbes Papier fallen ließ. Doch behauptet er nicht als gewiß, daß nicht auf eine andere Art noch grüne Schatten möglich ſeyen, und glaubt, wenn Buffon die blauen Schatten auf derſelben Mauer geſehen hat, auf welcher er ſieben Tage vorher die grünen ſahe, daß die Urſache davon in den gelben Strahlen zu ſuchen iſt, welche von den gelblichen Dünſten, deren Buffon erwähnt, zurückgeworfen worden ſind.

Auch kann man, nach Beguelin, blaue Schatten zu einer andern Zeit, als bey Sonnenaufgang oder Untergang ſehen; denn am 19. Juli hat er ſolche um 3 Uhr Nachmittags wahrgenommen; die Sonne war aber zu der Zeit in einen ſehr hellen Nebel gehüllt, welcher ihr Licht ſchwächte.

Bey hellem Himmel fangen die Schatten an ſich blau zu färben, wenn der wägrechte Schatten eines Körpers achtmal länger als der Körper hoch iſt, oder wenn die Höhe des Mittelpunkts der Sonne $7^{\circ}\ 8'$ beträgt. Dieſe Beobachtung machte er im Auguſt.

Außer

Außer den gefärbten Schatten, die bey gerade auffallenden Strahlen der Sonne entstehen, kann man, nach Beguelin, dergleichen auch fast zu jeder Stunde des Tages in Zimmern wahrnehmen, welche das Sonnenlicht durch die Zurückwerfung von einem weißen Gegenstande, z. B. einem gegen über liegenden weißen Hause, erhalten, wofern man nur von dem Orte des Versuchs einen Theil des klaren Himmels entdecken kann, und sonst alles unnöthige Licht so viel als möglich zurückhält. Beobachtet man diese Vorsicht, so kann man, sagt er, zu jeder Zeit, selbst wenn das Sonnenlicht gerade in das Zimmer fällt, blaue Schatten sehen, und sich überzeugen, daß die blaue Farbe genau an denjenigen Stellen des Schattens verschwindet, von welchen aus man keinen Theil des blauen Himmels sehen kann.

Alle Beobachtungen, welche Beguelin über den röthlich gelben Rand der Schatten machte, leiteten ihn auf den Gedanken, daß der Mangel des von dem Himmel zurückgeworfenen blauen Lichts an dieser Stelle Schuld daran seyn müßte; daher dieser Theil des Schattens entweder von dem rothen Lichte der Wolken, oder von dem Lichte, welches ein oder der andere Körper in der Nähe dahin sende, erleuchtet werde. In dieser Meynung ward er dadurch bestärkt, daß der beschattende Körper sehr nahe an den weißen, der den Schatten auffangen sollte, gestellt werden mußte, um diesen rothgelben Rand hervorzubringen.

Zum Schlusse seiner Bemerkungen über die blauen Schatten führt er noch eine Art derselben an, welche er eben so wie jene erklärt. Diese sahe er oft im Anfange des Frühlings, wenn er des Morgens früh bey Lichte laß, und der Schein der Dämmerung und des

Lichts ſich auf der Wand mit einander vermiſchten. Unter dieſen Umſtänden hatte der Schatten, den er durch einen zwiſchen das Licht und die Wand gehaltenen Körper machte, eine ſchöne hellblaue Farbe, welche deſto tiefer ward, je näher der Körper an die Wand gehalten wurde. An den Stellen, wohin das Tageslicht nicht fallen konnte, waren die Schatten vollkommen ſchwarz.

In Anſehung der Urſache über die verſchiedenen Farben, welche man des Morgens und Abends an den Wolken wahrnimmt, iſt Melville [b]) mit Newton und andern Phyſikern nicht zufrieden (Th. III. S. 211.). Er wendet dagegen ein: warum ſollten die Theilchen der Wolke genau zu jener Zeit, und zu keiner andern, diejenige Größe erhalten, welche zur Abſonderung der Farben ſchicklich iſt? Und warum ſieht man ſie ſo ſelten oder niemals blau und grün, ſo gut wie roth, orangefarbig oder gelb gefärbt? Geſchieht nicht wahrſcheinlicher die Abſonderung der Strahlen während ihres Durchganges durch den horizontalen Luftraum, und werfen die Wolken das Sonnenlicht nicht auf eben die Art zurück und laſſen es durch, wie jeder andere halbdurchſichtige farbenloſe Körper an ihrer Stelle es thun würde? Denn da die Atmoſphäre die blauen und violetten Strahlen häufiger zurückwirft, als die übrigen, ſo muß dasjenige Licht, welches durchgeht, ins gelbe, orangenfarbige und rothe fallen, beſonders wenn es einen ſehr großen Luftraum durchgegangen iſt. Dem zu Folge muß ein jeder bemerkt haben, daß das Licht der untergehenden Sonne oft ſo tief gefärbt iſt, daß Körper, auf welche es gerade zu fällt, ein hohes Orange, oder ſelbſt eine rothe Farbe annehs

b) Edinb. eſſays. Vol. II. p. 75.

nnehmen. Ist es also, frägt er, ein Wunder, daß u einer solchen Zeit die farbenlosen Wolken dieses Licht nit noch stärkerm Glanze und Lebhaftigkeit zurückverfen?

Man muß auch bemerken, sagt Melville, daß die Farbe der Wolken gewöhnlich nicht eher, als einige Minuten nach Sonnenuntergang recht lebhaft wird, und daß sie vom Gelben zum brennenden Golde und von da ins Rothe übergeht, welches immer dunkler, aber auch schwächer wird, bis daß das Sonnenlicht ganz aus der Luft geht. Nun ist es offenbar, daß die Sonnenstrahlen alsdenn einen viel weitern Weg durch die Luft bis an die Wolken zurück zu legen haben, als wenn die Sonne eben untergehen will; daher es also sehr glaublich ist, daß das Sonnenlicht, welches schon etwas gelb oder orangefarbig wird, wenn es durch die Luft am Horizonte hin geht, immer mehr von der Orangefarbe ins Rothe übergehen müsse, wenn es eine größere Strecke Luft durchgehen muß. So kann man begreifen, wie die Wolken nach ihren verschiedenen Höhen sich mit so mancherley Farben schmücken, ohne daß sie etwas anders thun, als das Licht der Sonne, so wie sie es erhalten, wieder zurück zu senden.

In diesen Gedanken ward Melville durch eine Beobachtung bestärkt, welche er bey seinem Aufenthalte in der Schweiz oft gemacht hatte, wo er bemerkte, daß die mit Schnee bedeckten Gipfel der Alpen, eben so wie die Wolken, nach Sonnenuntergang immer röthlicher wurden.

Wird diese Erklärung, frägt er, nicht dadurch sehr bestätigt, daß diese gefärbten Wolken die dunkle Bleyfarbe, welche sie von dem Lufthimmel erhalten,

ſogleich wieder annehmen, wenn die Strahlen der Sonne nicht mehr gerade auf ſie fallen? Denn wenn ihre bunten Farben in einer gewiſſen Größe ihrer Theile ihren Grund hätten, ſo würden ſie faſt dieſelben Farben, wiewohl nicht ſo lebhaft, beybehalten, wenn ſie nur von der Atmoſphäre erleuchtet würden. Um die Zeit des Untergangs der Sonne, oder ein wenig nachher, ſcheint der untere Theil des Himmels bis auf eine gewiſſe Weite auf beyden Seiten der Stelle, wo die Sonne untergegangen iſt, ſich wie mit einem ſchwachen Meergrün zu färben, weil alsdenn die durchgelaſſenen Strahlen, welche gelblich ſind, ſich mit dem Blau des Himmels vermiſchen. In größern Entfernungen verändert ſich dieſes ſchwache Grün allmählig in ein röthlich Braun, weil die Sonnenſtrahlen, indem ſie durch mehr Luft gehen müſſen, ſich zur Orangefarbe neigen. Zugleich fällt auf der gegen über liegenden Seite des Himmels die Farbe der Wolken am Horizonte merklich ins Purpur, weil nun das durchgehende mit der azurnen Farbe des Himmels ſich vermiſchende Licht röthlich wird, indem es durch eine ſo viel größere Strecke Luft gehen muß.

Um völlig zu begreifen, wie die Sonnenſtrahlen, indem ſie durch einen immer größern Raum Luft gehen, ſtufenweiſe von Weiß in Gelb, darauf in Orange, und endlich in Roth fallen, bemerkt Melville, daß man nur nöthig habe, Newton's allgemeine Lehre von der Farbe durchſichtiger Flüſſigkeiten auf die Atmoſphäre anzuwenden.

Dieſe Bemerkungen beſchließt Melville mit einer Muthmaßung, daß das gefärbte Licht, welches ſich des Morgens und des Abends an den Wolken zu zeigen pflegt, eben dasjenige ſeyn könne, welches dem Monde bey-

bey gänzlichen Finsternissen bisweilen die dunkle Ziegelfarbe giebt, indem es durch die Brechung der Atmosphäre in den Erdschatten geworfen wird. Ferner bemerkt er, daß, da diejenigen Strahlen, welche durch den größten Strich Luft gehen, röthlich, die, welche den kleinsten durchlaufen, gelblich, und die dazwischen fallenden orangefarbig werden, die rothen Strahlen in den Schatten sich am stärksten zusammen neigen müssen, die orangefarbigen etwas weniger, und die gelblichen noch weniger; so daß die Farbe des ganzen ein wenig erleuchteten Erdschattens immer röther werden muß, je näher man der Erde kommt; daher auch die Farbe des Mondes bey gänzlichen Finsternissen nach seiner verschiedenen Entfernung von der Erde verschieden werden, und beym Eintritte und Austritte aus dem Schatten etwas mehr, als in der Mitte, ins Rothe fallen müsse. Er überläßt es den Astronomen, die Uebereinstimmung dieser Theorie mit den Erscheinungen auszumachen.

Es ist bekannt, daß das schwache und abnehmende Licht, das wir noch nach Sonnenuntergang wahrnehmen, Abenddämmerung, so wie dasjenige, welches sich vor ihrem Aufgange immer mehr und mehr zeigt, Morgendämmerung genannt wird. Die Astronomen sind nicht einig, wie hoch die Dämmerung eigentlich sey. Aus mehreren angeführten Angaben nimmt man gewöhnlich das Mittel von 18°. In dieser Entfernung, nämlich von dem Horizonte unter demselben, wird ein Bogen an der scheinbaren Himmelskugel gezogen, welcher der Dämmerungskreis, die Grenze der Dämmerung, genannt wird. Uebrigens ist, wie von jeher bekannt war, die Zeitdauer der Dämmerung für verschiedene Orte der Erde, und für verschiedene Jahrszeiten, sehr verschieden.

Die

Die Tage der kürzesten Dämmerung zu finden, ist eine Aufgabe, deren Auflösung durch Differenzialrechnung Johann Bernoulli'n [c]) nebst seinem Bruder fünf Jahre lang beschäfftigt hat. Gleichwohl hatte sie schon Nunnetz oder Nonius [d]) durch die Geometrie der Alten aufgelöset. Die ausführliche Auflösung durch Differenzialrechnung vermittelst der Methode des Größten und Kleinsten hat de l'Hopital [e]) bekannt gemacht, und Kästner [f]) hat sie aus den so genannten Formeln des Maupertuis hergeleitet.

Besonders ist aber noch eine Erscheinung zu bemerken, die so allgemein ist, daß sie fast alle Tage sich ereignet, wenn der Himmel heiter ist, aber doch das besondere Schicksal gehabt hat, daß sie der Aufmerksamkeit der alten und neuern Naturforscher entgangen ist. Der erste, welcher dieselbe anführt, ist Joh. Casp. Funccius [g]), der in seiner Beschreibung von den Farben der Dämmerung zeigt, daß er solche wirklich wahrgenommen habe. Der andere, welcher sie genau und viele Jahre lang erst in andern Theilen Frankreichs, und nachgehends zu Paris beobachtet hat, war Mairan [h]). Auch Gabr. Cramer, Prof. zu Genf, hat dieses tägliche Phänomen gesehen, ob er gleich nichts davon herausgegeben hat. Mairan nennt sie die Gegendämmerung (anticrepusculum), erste

c) Opp. Tom. I. p. 64.

d) De crepusculis; liber. 1541. P. II. prop. 17.

e) Analyse des infinements petits. à Paris 1696. p. 52.

f) Lulof's Einleitung zur Kenntniß der Erdkugel durch Kästner. Gött. u. Leipz. 1755. S. 84.

g) De coloribus coeli. Ulm. 1716. p. 144.

h) Traité de l'aurore boreale. ed. 2. p. 79.

stlich deßwegen, weil sie sich in der Gegend zeigt, ie der Dämmerung entgegengesetzt ist, und zweytens, eil der Dämmerung unterster Theil am hellsten ist, nd sich hier das Gegentheil ereignet.

Den vollkommensten Begriff hievon zu erhalten, arf man nur einige Minuten nach Auf- oder Unter- ang der Sonne den Horizont der Sonne gegen über etrachten, so daß man, wenn sich die Sonne am östchen Horizonte befindet, den westlichen betrachten muß. lsdenn wird man, wenn der Himmel heiter ist, ei- en rundlichen Streifen, oder ein dunkeles bläulich- s Segment sehen, das nach oben zu einen mehr oder eniger hochrothen Bogen zum Rande hat. Wenn ie Umstände sehr günstig sind, so sieht man zwischen em Rothen und Bläulichten Weiß, darüber Gelb; aber as ist sehr selten. Torbern Bergmann i) hat ieſe Erscheinung binnen einer großen Reihe von Jah- n sehr wenige mal so beobachtet, und auch da war n die Farben sehr übel begrenzt.

Nachdem die Gegendämmerung, sagt Berg- ann, zu einer gewissen Höhe gekommen ist, bleibt as Segment stehen, und wird sogleich graulich, aber r Bogen steigt weiter, und ist noch beym Scheitel erklich, wenn die Luft heiter ist; er wird aber immer hwächer und schwächer, und verschwindet endlich ganz nd gar. Die Gegendämmerung eines Tages und ei- es Landstrichs sind von der Gegendämmerung eines ndern Tages und eines andern Landstrichs nur in ehr oder weniger günstigen Umständen verschieden. m Winter pflegen sie sich insonderheit deutlich zu zei- n, wenn die Luft heiter und die Kälte stark ist.

Die

i) Traité d'Optique. p. 100.

Die Urſache dieſer Erſcheinung beruhet nach Bergmann auf der Brechung des Lichts und der Zurückwerfung der Strahlen von der innern Fläche der Atmoſphäre, wie gleichſam von einem Gewölbe.

Die bisher angeführte Dämmerung wird die aſtronomiſche genannt. Man unterſcheidet von ihr die gemeine oder bürgerliche Dämmerung, welche die Zeit begreift, da man in Wohnungen, welche eben nicht gerade gegen den Ort der auf- oder untergehenden Sonne gekehrt ſind, des Abends Licht anzuzünden genöthigt iſt, oder des Morgens Licht zu brennen aufhören kann. Lambert hat in ſeiner Photometrie durch ſehr umſtändliche Beobachtungen gezeigt, daß, wenn die Sonne eine Tiefe von $6^\circ\ 23\frac{1}{2}'$ unter dem Horizonte erreicht, ſich die Grenzen des noch erleuchteten Kreiſes am Himmel gerade durch den Scheitelpunkt ziehen, ſo daß man alsdenn an der von der Sonne abgekehrten Seite des Himmels die größern Sterne ſieht, wenn dieß an der andern Seite durch die Dämmerung verhindert wird. Für dieſe Dämmerung wird alſo der Dämmerungskreis in einer Tiefe von $6^\circ\ 23\frac{1}{2}'$ mit dem Horizonte parallel gezogen.

Vermiſchte Bemerkungen und Entdeckungen.

Bouguer fand, daß von erhabenen und hohlen Oberflächen zu gleicher Zeit zwey Bilder gemacht werden, woraus denn zwey verſchiedene Bilder des Objekts, welche man durch die Zurückſtrahlung ſieht, entſtehen. Dieſe Bemerkung, ſagt er, iſt deſto wichtiger, da in gewiſſen Fällen beyde Bilder gleiche Deutlichkeit beſitzen.

Man ſetze, aib ſey die Oberfläche einer vollkommen polirten Kugel (fig. 82.); alle die unendlich nahe

an

n einander, in derselben Ebene durch den leuchten-
en Punkt l und den Mittelpunkt der Kugel c, bey d
nd δ auffallenden Strahlen werden so zurückgeworfen,
ls kämen sie von g zwischen lc und d her; aber die-
nigen, welche den Strahlen ld, lδ zur Seite in ei-
er andern Ebene aεb, z. B. in ε, auffallen, werden
icht so in's Auge kommen, als wenn sie von g, son-
ern von einem andern Punkte e ausgingen, wo die
urückgeworfenen Strahlen die Axe der Kugel, welche
urch den leuchtenden Punkt l geht, schneiden. Denn
s ist der einfallende Strahl lε nebst seinem zurück-
eworfenen εn in einer andern Ebene, als worin ld
nd lδ nebst ihren zurückgeworfenen dm, δμ sich
efinden, und diese beyden Ebenen schneiden sich in cl.
Man muß also wohl bemerken, daß es zwey verschie-
ene Vereinigungspunkte der zurückgeworfenen Strah-
n giebt, nachdem die einfallenden entweder auf Punkt
über- und unterhalb d, oder zur Seite von d treffen.
Der Punkt g ist in der Brennlinie des Kreises aiba.
Wäre die Oeffnung unsers Auges eine enge vertikale Spal-
, so würden wir bloß die Strahlen bekommen, welche
ch in g vereinigen; und wäre es eine horizontale Spal-
, so würde es bloß von den aus e herkommenden
Strahlen gerührt werden. Da aber die Augenöffnung
nd ist, so entstehen von beyden Punkten Bilder auf
er Netzhaut. Sehen wir demungeachtet nur Ein Bild
i dem Spiegel, so muß die Ursache davon seyn, daß
nsere Augen nicht geschickt sind, kleine Gegenstände
i allen Entfernungen gleich deutlich zu sehen, und
aß nur eins der Bilder g oder e in der gehörigen Ent-
rnung vom Auge ist.

Ueberhaupt waren die Erweiterungen im mathema-
schen Theile der Optik in diesem Zeitraume außer-

ordentlich. Die vorzüglichſten in dieſem Fache ſind die großen Mathematiker Euler, Clairaut, d'Alembert und Käſtner. Kein einziger Umſtand, welcher zur Vollkommenheit der Fernröhre etwas beytragen konnte, iſt der Aufmerkſamkeit Euler's entgangen. Aus ſeinen zahlreichen Abhandlungen darüber, die in den Mémoires der Berliner Akademie zerſtreuet zu finden ſind, iſt endlich ſeine vortreffliche Dioptrik in drey Quartbänden entſtanden, deren ſchon oben Erwähnung geſchehen iſt. Käſtner war der erſte, welcher in ſeiner Ausgabe der Smith'ſchen Optik eine vollſtändige Anwendung der allgemeinen Arithmetik auf die Optik geliefert hat, und in einigen Abhandlungen, welche ſich in den Comment. Gotting. Vol. I. et II. befinden, hat er Berechnungen über die Abweichung der Lichtſtrahlen durch ſphäriſche Gläſer mitgetheilt. Auch der Graf von Redern [k]) gab ſich viele Mühe, die Gründe, worauf ſich die Verfertigung der Teleſkope und Mikroſkope ſtützt, aus einander zu ſetzen, und daraus Regeln für die Ausübung herzuleiten.

Die Erſcheinungen des Lichts führten von Mairan [l]) auf die Vorſtellung einer krummen Linie, welche noch eine andere als die Brennlinie iſt, und die er die Brechungslinie (refractoire) nennt, weil ſie die ſcheinbare Geſtalt des ebenen Bodens eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes für ein über der Mitte der Oberfläche ſenkrecht befindliches Auge darſtellt. Der Boden wird ſich dieſem Auge von der Mitte auswärts zu erheben ſcheinen, aber die ſcheinbare Krümmung wird ims

k) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1761.

l) Hiſtoir. de l'Acad. roy. de Paris. an. 1740.

immer geringer werden, so daß die Fläche des Wassers eine Asymptote davon ist. Er fand verschiedene Arten dieser krummen Linien, entwickelte ihre Eigenschaften geometrisch, und zeigte ihre Verwandtschaft mit den Brennlinien gebrochener Strahlen.

Weil eine Linie, sie mag gerade oder krumm seyn, von einem leuchtenden Punkte an verschiedenen Punkten verschieden erleuchtet wird, nachdem diese Stellen mehr oder weniger von dem Lichte entfernt sind, so nahm Kurdwanowski [m]), ein Polnischer Edelmann, daher Gelegenheit, eine krumme Linie anzugeben, deren Ordinaten die verschiedenen Wirkungen des Lichts auf die verschiedenen Punkte irgend einer krummen Linie ausdrucken. Er nennt diese krummen Linien courbes à la lumière.

Ferner hat D. Smith [n]) in einer Reihe von Lehrsätzen die scheinbare Gestalt, Lage, Größe und Entfernung großer Gegenstände bestimmen gelehrt, die man durch gebrochene oder zurückgeworfene Strahlen sieht. Newton hat diese Untersuchung nirgends berührt, und Huygens nebst Barrow haben bloß ein Paar Fälle davon, aber unvollständig, betrachtet. Smith's Arbeit ist indessen keines Auszugs fähig, und es mag daher hinreichen, nur einige der merkwürdigsten Erscheinungen, welche er durch seine Grundsätze erklärt hat, hier beyzubringen. Dabey ist jedoch zu bemerken, daß sein Grundsatz von der scheinbaren Entfernung unerwiesen von ihm angenommen ist.

Sei-

m) Histoir. de l'Acad. roy. de Paris. an. 1732.

n) Lehrbegriff der Optik durch Kästner S. 144.

Seinen Grundſätzen zu Folge muß ein gerades Objekt, wenn man es durch ein auf beyden Seiten ebenes Glas betrachtet, ein wenig hohl nach dem Auge hin aussehen, wiewohl dies faſt unmerklich iſt, es müßte denn das Glas ſehr dick ſeyn.

Auch ſtimmt es mit dieſer Theorie überein, daß ein großes ebenes Objekt, welches man durch ein tiefes Hohlglas betrachtet, allemal gegen das Auge hohl ſcheint, und dieſes deſto mehr, je weiter das Objekt entfernt iſt und das Auge zugleich etwas von dem Glaſe abſteht.

Ein großes ebenes Objekt, welches man durch ein ſehr dickes Converglas, oder eine dicke Kugel umgekehrt erblickt, ſieht einem etwas vom Glaſe entfernten Auge convex aus, aber hohl, wenn es aufrecht ſtehend erſcheint. Die parallelen Fäden eines Mikrometers ſind ein anderes Beyſpiel, als welche immer gegen das Auge hohl, und gegen einander erhoben ſcheinen, wenn ſie ſo weit von einander geſtellt werden, daß man ſie mittelſt der durch den Rand des Glaſes kommenden Strahlen ſieht.

Aus eben dieſen Grundſätzen erklärt auch Smith einige merkwürdige Erſcheinungen beym Sehen mit beyden Augen. Insbeſondere unterſucht er den oben angeführten Verſuch mit dem Zirkel umſtändlicher, und fügt noch eine andere Art bey, wie man die Schenkel deſſelben beobachten könne.

Man ſoll nämlich den Zirkel bis auf eine gewiſſe Weite öffnen, und ihn an dem Gewinde mit ſeinen Schenkeln in eine Ebene halten, die ſo viel möglich ſenkrecht auf die Ebene durch die Sehearen iſt, ſo daß dabey

dabey die Spitzen in dieser letztern liegen; die Axe des rechten Auges soll unverwandt nach der Spitze linker Hand und die Axe des linken Auges nach der Spitze rechter Hand gerichtet werden; alsdenn werden die beyden innern von den vorher doppelt gesehenen Schenkeln in einen einzigen zusammenrucken, der wie ein dritter Schenkel in der Mitte zwischen den beyden andern erscheinen, und unten von dem Gewinde hinauf nach dem Durchschnitte der Sehearen hin sich erstrekken wird. Dieser mittlere Schenkel wird, wenn man ihn aufmerksam betrachtet, kleiner werden, und dem Auge näher zu kommen scheinen, so wie die wahren Schenkel allmählig von einander entfernt werden; aber größer werden und sich entfernen, wenn man diese einander nähert.

Dieselbe Erscheinung, sagt er, bemerkt man auch, wenn man zwey angezündete Lichter von gleicher Höhe und Dicke zwey oder drey Fuß von sich betrachtet; nur daß das scheinbare Licht in der Mitte dem Auge nicht so nahe kömmt, als der scheinbare Schenkel des Zirkels es that in Absicht auf das Verhältniß der Entfernungen der wahren Gegenstände.

Es seyen aa (fig. 83.) und bb die Durchmesser der Lichter, d und e die Mittelpunkte der Augenöffnungen, aea und bdb zwey Lichtkegel, die sich in f kreuzen, wo die beyden Lichter ein einziges auszumachen scheinen, dessen Dicke der Breite der Strahlenkegel in f, oder ein wenig weiter darüber hin, proportionirt ist. Werden nun die beyden Lichter allmählig von einander entfernt, so wird ihre scheinbare Entfernung in f näher zu rucken und kleiner zu werden scheinen, wenn man die Augen immer darauf gerichtet hält. Denn die ähnlichen und gleichen Bilder der

beyden Lichter auf ähnlich liegenden Stellen der beyden Netzhäute erregen dieſelbe Empfindung, welche zwey ſolche Bilder eines einzelnen in f befindlichen Lichts hervorbringen würden, und man verknüpft alſo damit die gewöhnliche Vorſtellung eines einzelnen Lichts.

Zieht man die Linien afe, bfd auf einem ebenen Brete, einen oder zwey Fuß lang, ſteckt in ihrem Durchſchnitte f eine Nadel aufrecht feſt, und hält die Augen nahe an den Rand des Bretes, ein wenig über den Punkten d und e, ſo wird man, indem man die Nadel ſteif anſieht, die beyden Linien fa, fb, als eine einzige aufrecht ſtehende, auf der Stelle, wo die Nadel ſteckt, oder nahe bey derſelben, erblikken. Denn in dieſem Falle können ſie nicht an zwey verſchiedenen Stellen geſehen werden, ſondern müſſen in dem gemeinſchaftlichen Durchſchnitte der beyden Ebenen erſcheinen, welche durch die Augenöffnungen und die Linien af und bf gehen.

Aus dieſen Gründen erklärt Smith noch eine Erſcheinung, die Anfangs befremdend iſt. Da er einen Maasſtab aufrecht zwiſchen ſeinen Augen, mit der breiten Seite nach der Stirne hin, etwa einen Fuß weiter von einem Hohlſpiegel hielt, als der Mittelpunkt ſeiner Krümmung lag, ſo ſah er, mit jedem Auge allein betrachtet, erhaben, mit beyden zugleich, hohl aus.

Hieraus erklärt er auch den Fall, den Barrow als etwas beſonders anführt. Wenn man ſein Geſicht in einem Hohlſpiegel, ziemlich nahe davor, betrachtet, erſt mit dem rechten Auge allein, dann mit dem linken, ſo wird das Bild einmal wie das andere mal ſich darſtellen, nur daß es in dem einen Falle mehr nach dieſer Hand, in dem andern nach jener Hand hinliegt.

Sieht

Sieht man aber sogleich mit beyden Augen darauf, so werden die beyden Angesichter sich in ein einziges weit größeres und entfernteres Angesicht, das mehr vertieft ist als jenes, vereinigt zu haben scheinen. Desgleichen scheint auch eine perspektivische Zeichnung, die man vor einem großen Hohlspiegel ein wenig über dessen Brennpunkt nach ihm zu hält, jemanden, der dicht hinter dem Blatte steht und darüber wegsieht, in dem Spiegel viel größer und in die Ferne laufend, folglich viel natürlicher aus, als wenn man sie unmittelbar betrachtet.

Nachdem Bradley durch seine Beobachtungen die allmähliche Fortpflanzung des Lichts außer allem Zweifel gesetzt hatte, so hielt es Melville für wahrscheinlich, daß die verschieden gefärbten Strahlen mit verschiedenen Geschwindigkeiten von dem leuchtenden Körper ausfahren möchten, und glaubte, daß er mit dieser Hypothese in manchen Stücken noch besser, als mit der Newton'schen, nach welcher sie aus Theilchen von verschiedener Größe und Dichtigkeit bestehen, auskommen könne. Ihre verschiedene Brechbarkeit, bemerkt er, bleibt bey dieser Voraussetzung einerley, und ihre Geschwindigkeiten werden sich beynahe wie die Brechungssinus aus Luft in Glas verhalten, d. i. wenn man mit dem äußersten Roth anfängt, und mit dem äußersten Violet endigt, wie 78000, 77873, 77797, 77563, 77496, 77330, 77220, 77000, wenn der Einfallssinus 120120 ist.

Den Einwurf, daß die verschiedenen Empfindungen, welche in der Seele entstehen, nicht von der verschiedenen Stärke der Lichtstrahlen entstehen können, weil die Farben gleichartiger Strahlen bey dem Durchgange

gange durch verſchiedene Mittel nicht geändert werden, wiewohl ihre Geſchwindigkeit dadurch immer entweder vergrößert oder verringert wird, dieſen Einwurf beantwortet er ſo, daß er ſagt, jeder Strahl, der zuletzt durch die Feuchtigkeiten des Auges gehen müſſe, um das Sehen zu bewerkſtelligen, falle auf die Netzhaut mit einer beſtimmten Geſchwindigkeit, wie viele Brechungen er auch vorher erlitten haben möge, weil die Geſchwindigkeit jedes Strahls in jedem Mittel zu der Geſchwindigkeit deſſelben in jedem andern in einem unveränderlichen Verhältniſſe ſteht.

Auch ſchlug er ein Mittel vor, ſeine Vorausſetzung durch Erfahrung zu prüfen. Denn da nach derſelben die Zeit, welche die äußerſten violetten Strahlen auf einem gegebenen Wege brauchen, ſich zu der Zeit, welche die äußerſten rothen brauchen, ſich wie 78 zu 77 verhält: ſo müßte das letzte violette Licht, welches ein Trabant vor ſeinem gänzlichen Eintritte in den Schatten Jupiters zurückſendet, 32 Sekunden ſpäter als das zu eben der Zeit zurückgeworfene rothe Licht ins Auge kommen; ſo wie im Gegentheil bey dem Austritte Roth den Anfang und Weiß den Beſchluß machen müßte. Da der Unterſchied der Zeit mehr als eine halbe Minute beträgt, ſo müßte derſelbe ſich beobachten laſſen.

Der Marquis von Courtivron hatte in einer 1752 herausgegebenen Schrift dieſelbe Meynung vorgetragen, und dieſelbe Probe zu ihrer Beſtätigung angegeben; allein anſtatt daß Melville die Geſchwindigkeit des rothen Lichts nur um $\frac{1}{77}$ größer ſeyn läßt, als diejenige des violetten, ſo ſetzt der Marquis, einem Lehrſatze zu Folge, welchen Clairaut in ſeiner Unter-

Untersuchung über die krumme Linie, welche ein Lichtstrahl durch die anziehende Kraft nach einem jeden beliebigen Gesetze beschreibt °), bewiesen hatte, das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten wie 45 zu 44 an. Weil aber, wie Clairaut meldet, Short aus seinen Wahrnehmungen schloß, daß die Erscheinungen nicht einmal mit der Melvillischen Hypothese übereinstimmen, so kann die des Marquis noch weniger statt finden.

Ueberdem macht Michell, wie Priestley anführt, die Bemerkung, daß, wenn die Verschiedenheit der Farben von der verschiedenen Geschwindigkeit der Lichtstrahlen herrührte, die Abirrung eines Sterns, in so fern man ihn durch die violetten Strahlen sieht, um $\frac{1}{77}$ größer seyn müßte, als durch die rothen Strahlen, nämlich nach Melvilles Hypothese, oder um $\frac{1}{45}$ nach Courtivron; folglich müßte ein Stern in dem Pole der Ekliptik, dessen mittlere Abirrung etwa 20″ beträgt, wie das länglichte Farbenbild durch ein Prisma erscheinen, und in der Länge $\frac{20''}{70}$ oder 17‴ nach der ersten Voraussetzung, oder $\frac{20''}{45}$ oder 27‴ nach der andern halten. Diese Länge würde durch ziemlich große Fernröhre schon sichtbar seyn; allein man hat dergleichen nicht bemerkt.

Auch Clairaut p) untersucht in einer Abhandlung von den Dollond'schen Verbesserungen der Fernröhre die Hypothese, daß die Verschiedenheit der Brechbarkeit von der Verschiedenheit der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen herrühre, findet aber, daß die Brechungen, wie sie nach diesem Grundsatze sich ereignen müß-

o) Mémoir. de l'Acad. de Paris. 1738.

p) Hiſtoire de l'Acad. de Paris. 1756.

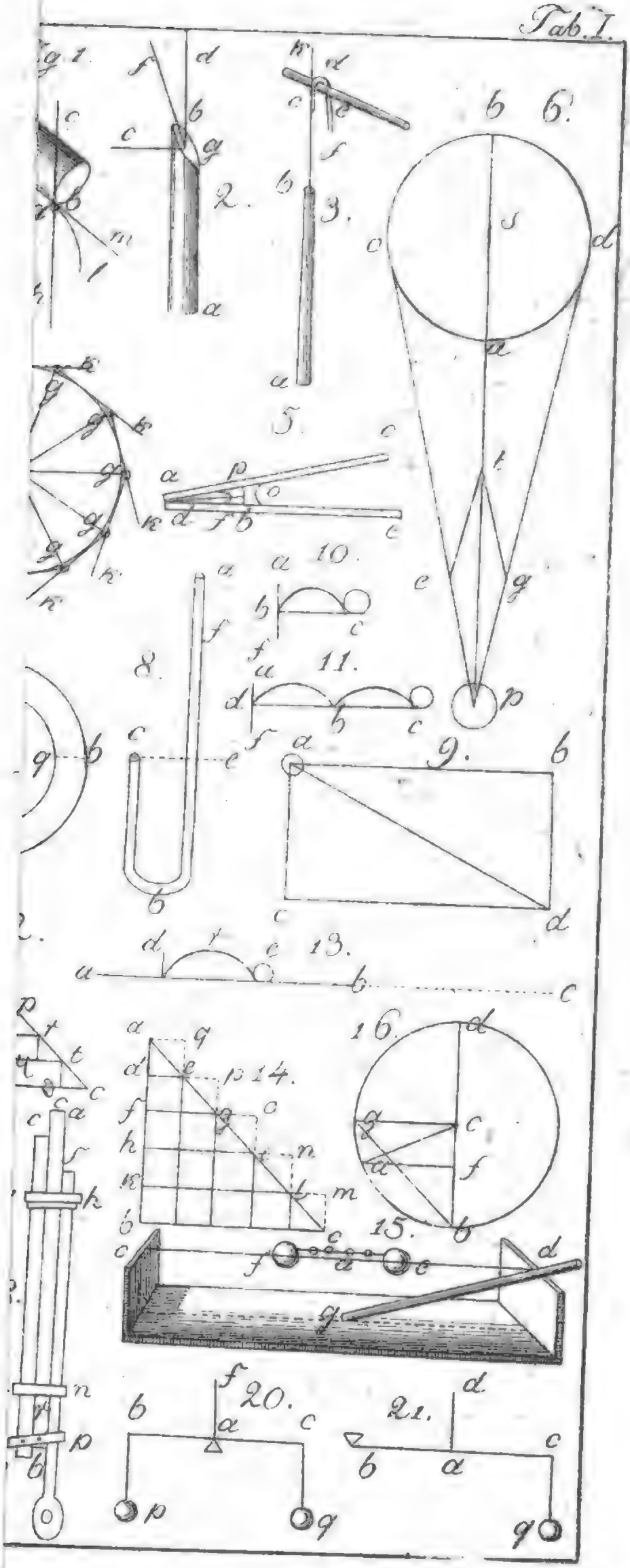
müßten, von den wirklichen, wie man ſie in der Natur findet, ſehr abgehen würden.

Muſſchenbroek q) ſchließt daraus, daß die rothen Strahlen weniger brechbar als die andern ſind, daß ſie nach ihrer Abſonderung von dieſen ſich langſamer bewegen, wiewohl er aus aſtronomiſchen Beobachtungen zuzugeben gezwungen iſt, daß ſie mit andern Strahlen vermiſcht gleich geſchwind mit ihnen fortgehen. Uebrigens glaubt er nicht, daß die Farbe nicht von der Geſchwindigkeit der Strahlen abhange, aus dem Grunde, weil bey ihrem Durchgange durch ein neues Mittel, da die Geſchwindigkeit ſich ändert, auch ihre Farbe ſich ändern müßte.

Es iſt aber zu bemerken, daß aus Dollonds angeführten Verſuchen erhellet, daß die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen von Eigenſchaften abhängt, die mit der Geſchwindigkeit derſelben nichts zu thun haben, weil das Verhältniß der Brechbarkeit nach Beſchaffenheit der Körper, auf welche das Licht fällt, verſchieden iſt.

q) Introduct. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 725.

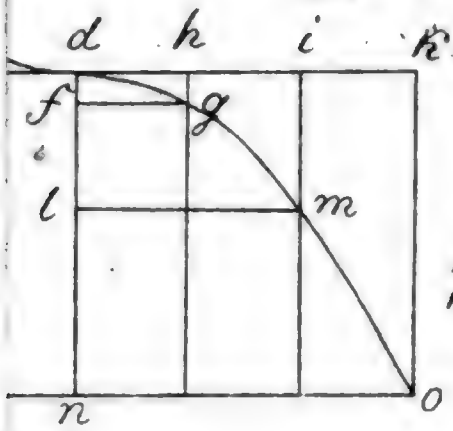
Tab. I.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

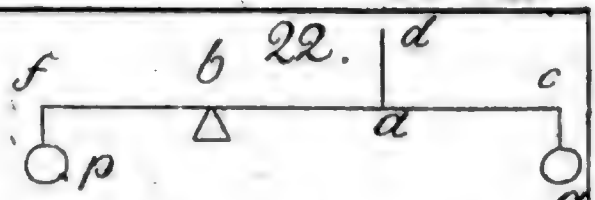
Digitized by Google

19.

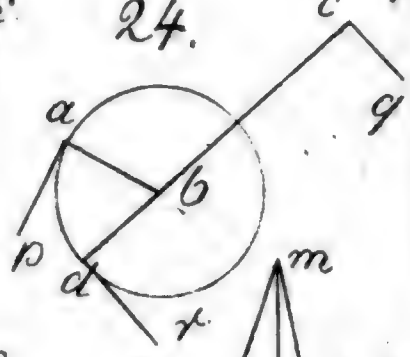


d

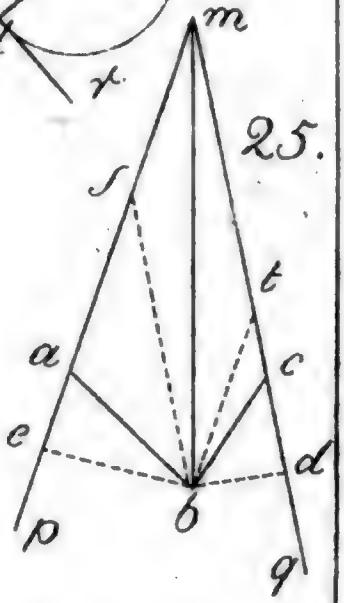
22.



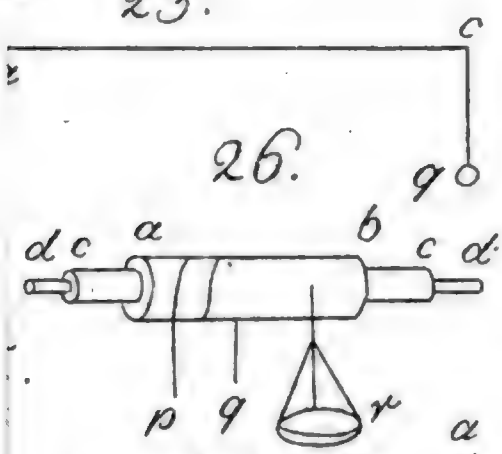
24.



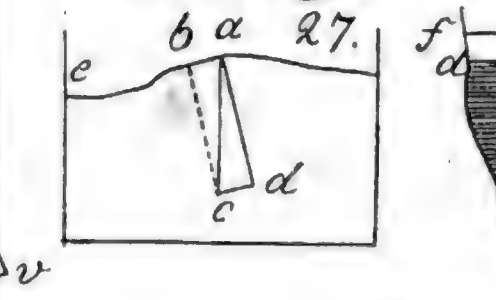
25.



23.

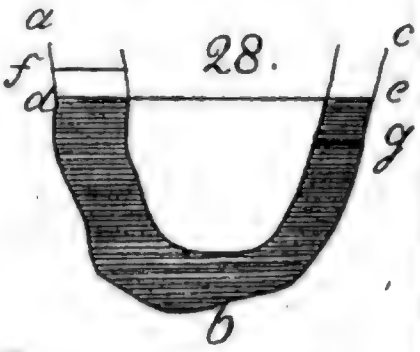


26.



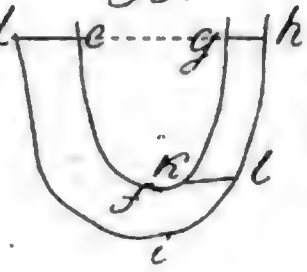
27.

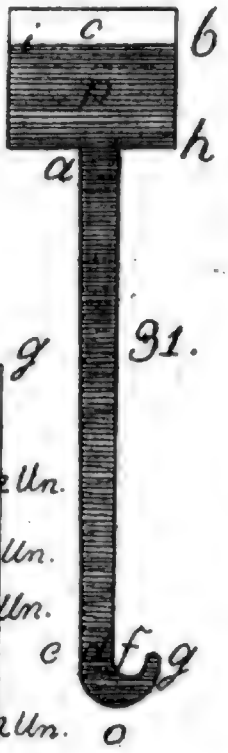
28.



29.

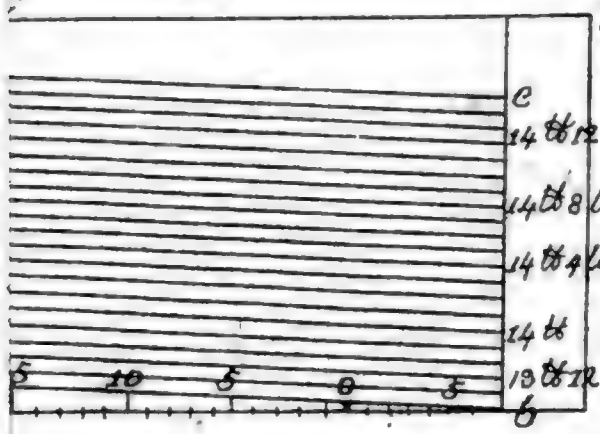
30.





31.

32.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R

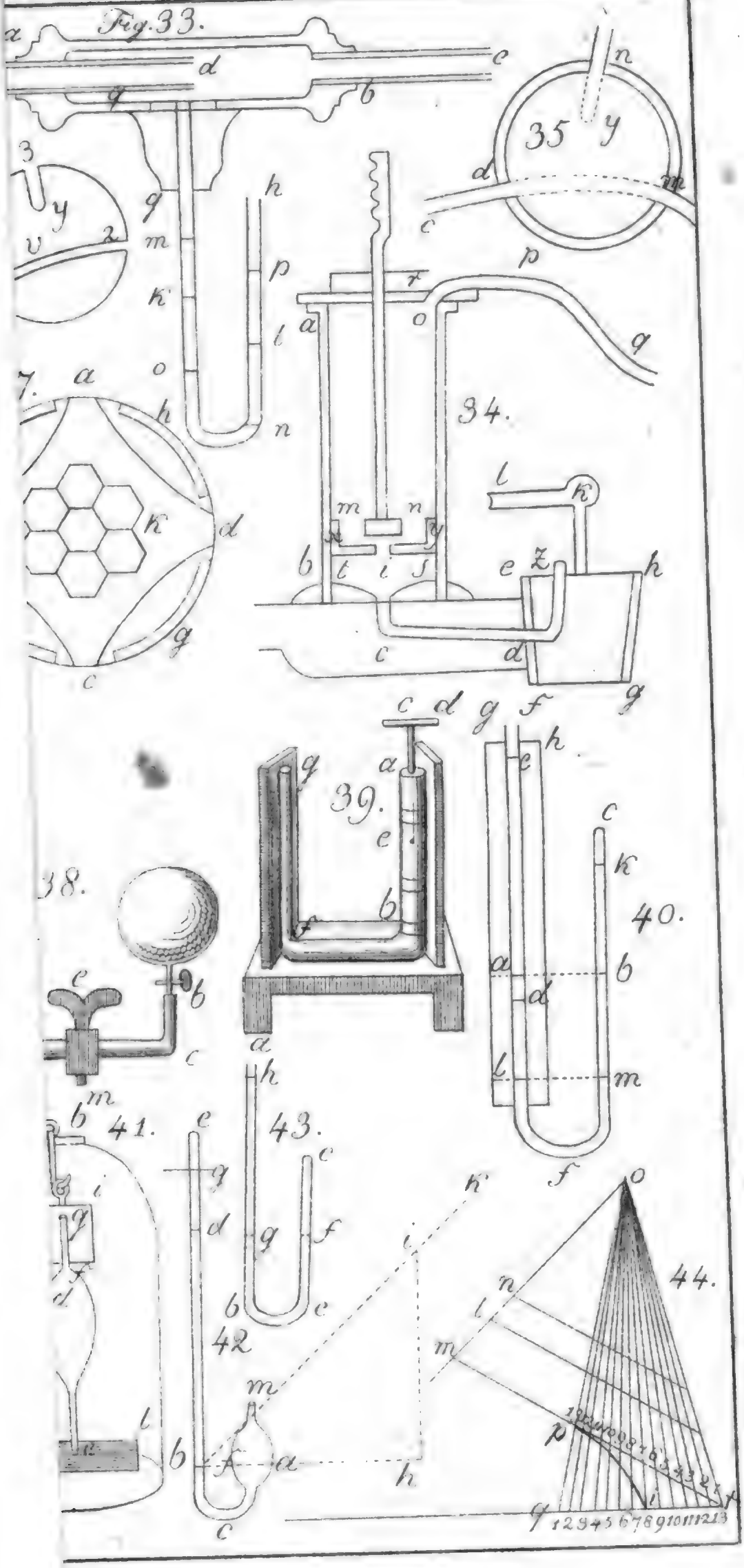
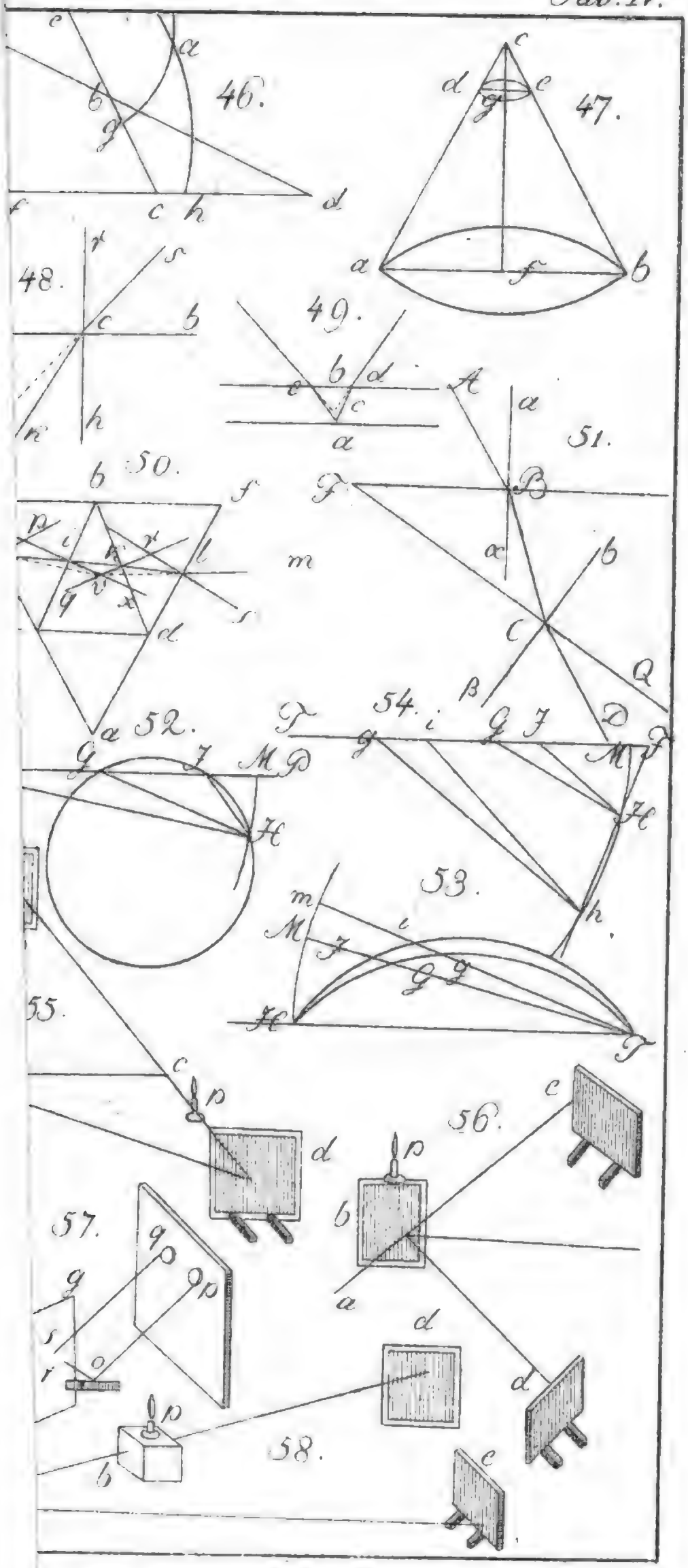


Fig. 33.
35
34.
37.
38.
39.
40.
41.
42
43.
44.

Digitized by Google

Tab. IV.



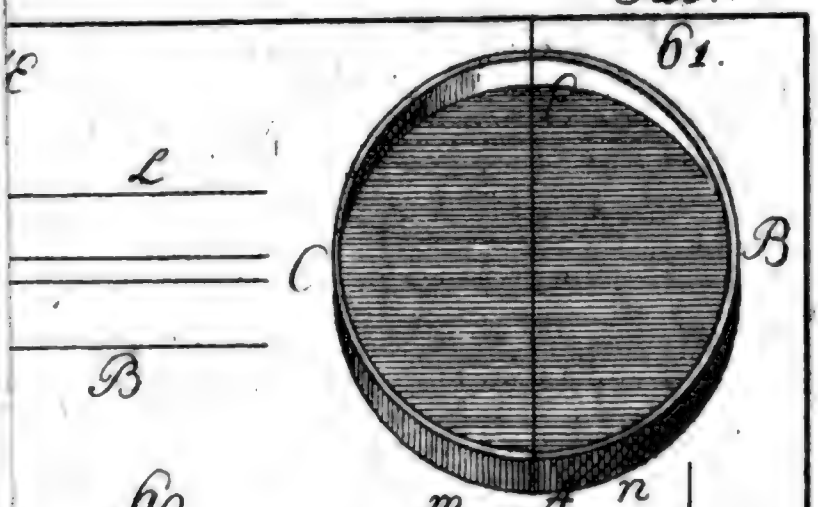
THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

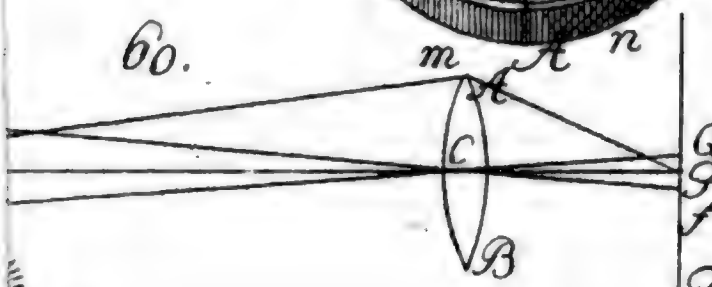
Digitized by Google

Tab. V.

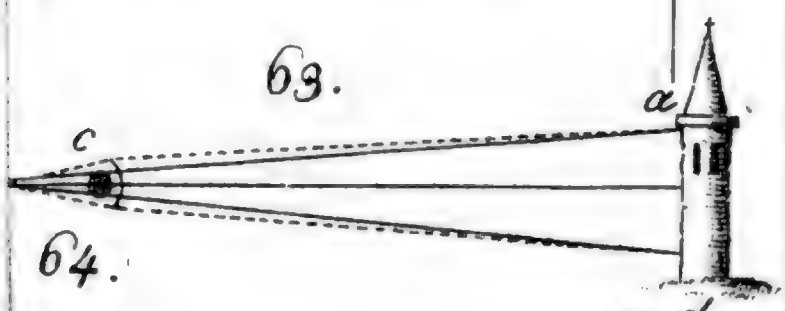
61.



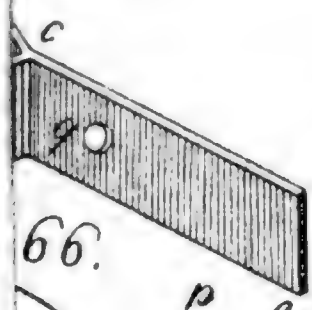
60.



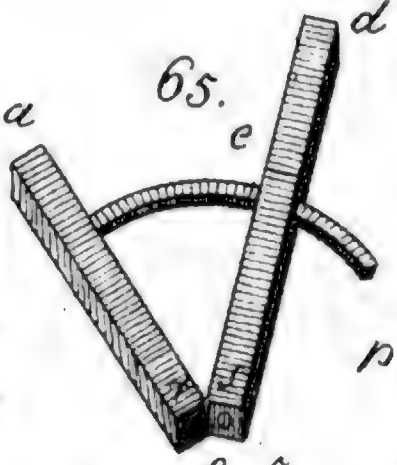
63.



64.

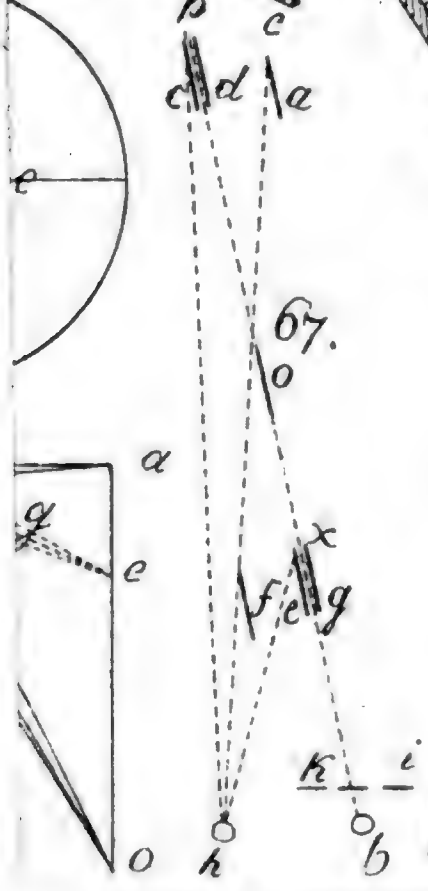


65.



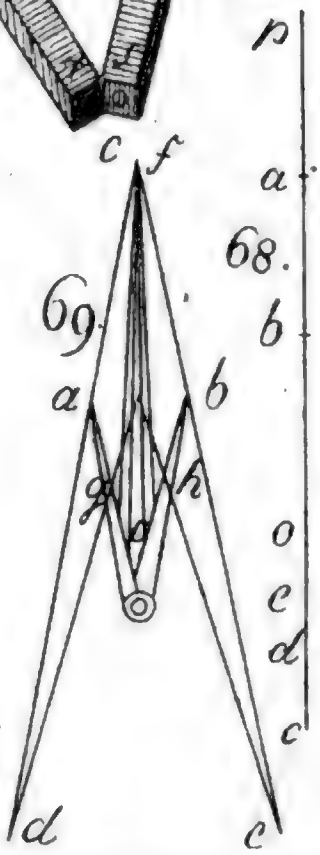
66.

67.



68.

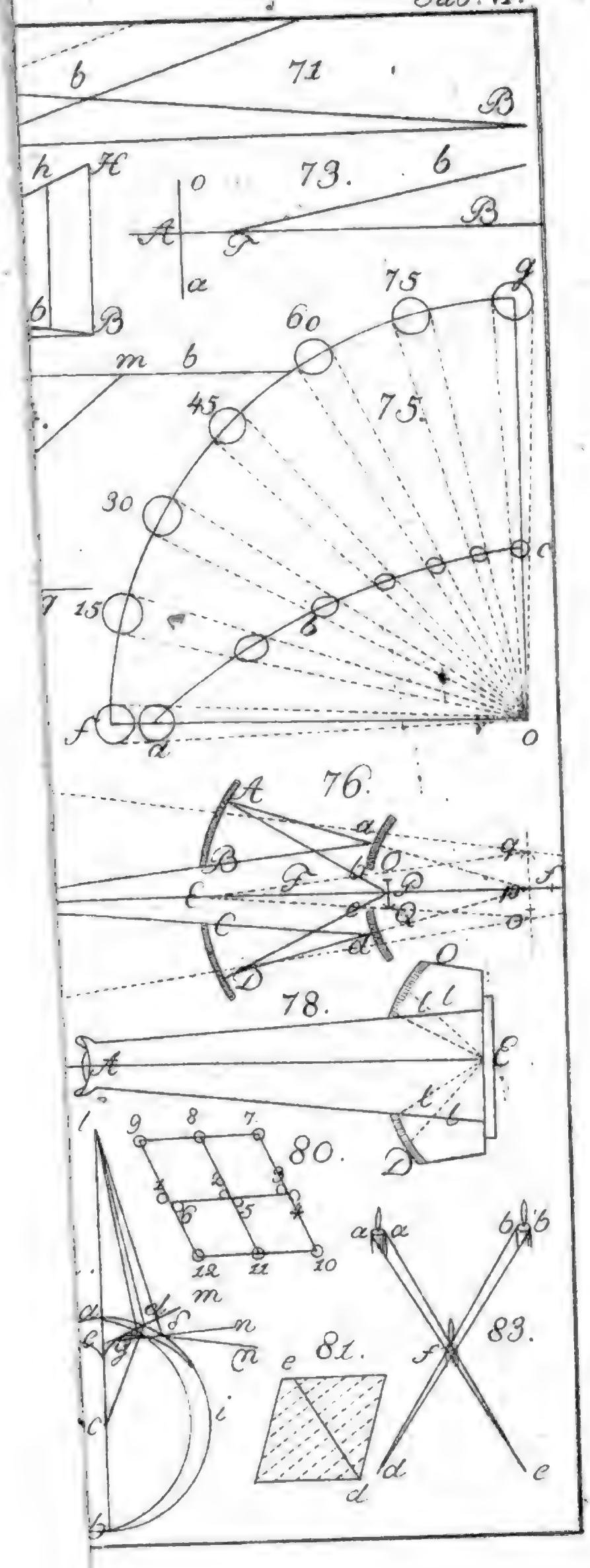
69.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Digitized by Google

Tab. VI.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google